

**HAVA SAVUNMA SEKTÖRÜ TEZGAH YATIRIM PROJELERİNİN
BULANIK AHP İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Sezgin KAPLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EKİM 2007

ANKARA

Sezgin KAPLAN tarafından hazırlanan HAVA SAVUNMA SEKTÖRÜ TEZGAH YATIRIM PROJELERİNİN BULANIK AHP İLE DEĞERLENDİRİLMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç. Dr. Feyzan ARIKAN
Tez Danışmanı, Endüstri Müh. Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Zülal GÜNGÖR
Endüstri Müh. Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd.Doç.Dr. Feyzan ARIKAN
Endüstri Müh. Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Mustafa YURDAKUL
Makina Müh. Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih: 16 / 10 / 2007

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Sezgin KAPLAN

HAVA SAVUNMA SEKTÖRÜ TEZGAH YATIRIM PROJELERİNİN BULANIK AHP İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Sezgin KAPLAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2007

ÖZET

Tez çalışmasının amacı, *hava savunma sektöründe askerî sistemlerin bakım ve onarımı* konusunda hizmet veren üç adet Hava İkmal Bakım Merkezinin (HİBM) geleceğe yönelik (2007-2016 Dönemi) *tezgah yatırım proje* tekliflerinin *değerlendirilmesi* ve *önceliklendirilmesidir*. Bu kapsamda, öncelikli olarak bakım merkezlerinin 2007 yılı teklifi olan 6 adet tezgah yatırım projesi değerlendirilmiş ve diğer yıllar için değerlendirmenin benzer olarak nasıl yapılacağı belirtilmiştir. Değerlendirmede, karmaşık problemlerin modellenmesinde kolaylık sağlaması, üzerinde çalışılan problemin yapısına uygun, teorik altyapısının anlaşılmasında kolay, kullanımda kolay, grup karar verme sürecine uygun, kullanımının yaygın ve yazılım araçlarının çok olması nedenleriyle bir çok nitelikli karar verme tekniği olan *Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)* tercih edilmiştir. İkili karşılaştırma yargılarındaki sözel *belirsizliği* daha iyi ifade etmek amacıyla, *Bulanık AHP* tekniklerinden biri olan *Chang'ın Mertebe Analiz Yöntemi* kullanılmıştır. Bu yöntem, diğer bulanık AHP tekniklerine kıyasla, kullanımı yaygın, basit olduğu ve adımları AHP yöntemiyle benzerlik gösterdiği için tercih edilmiştir. Proje alternatifleri, hava lojistik sisteme *potansiyel katkısı*, projenin *ekonomikliği*, projenin gerçekleşmesinde karşılaşılabilecek *riskler* ve proje ile yatırımı gerçekleştirilecek tezgahların *teknolojisi* olarak dört ana kriter altında yer alan toplam 15 adet alt

kriter üzerinden değerlendirilmiştir. Yöntemin aritmetik işlemlerine girdi niteliğindeki ikili karşılaştırma yargıları, konusunda uzman personele yapılan anketler yoluyla elde edilmiştir. Yöntem çözümü sonucunda her bir proje alternatifi için nihai önem ağırlıklarına ulaşılmıştır. Bulanık AHP sonuçlarının yanında, aynı ikili karşılaştırma verileri kullanılarak *Expert Choice* programı ile deterministik AHP sonuçları elde edilmiştir. Deterministik AHP sonuçlarına göre, nihai önem ağırlıkları birbirine yakın olan iki alternatif sıralamalarında farklılık görülmüştür. Sıralamadaki farklılıkların hangi kriterden kaynaklandığı ve her bir ana kriterdeki değişimin nihai sıralamayı nasıl değiştirdiği analiz edilmiştir. Ayrıca *sıralama problemi*, *seçim problemine* genişletilerek proje seçimi için *bütçe kısıtının* yer aldığı bir *0-1 tam sayılı programlama* modeli oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçların, HİBM'lerin ihtiyaç duydukları tezgah yatırım projelerinin bütçelenmeleri kapsamında üst komutanlıklar tarafından seçiminde, karar vericilere rasyonel, nesnel, tutarlı ve hızlı bir değerlendirme sağlaması ve böylelikle Hava Kuvvetleri mali kaynaklarının doğru kullanılması açısından faydalı ve uygulanabilir olduğu gözlenmiştir.

Bilim Kodu : 906.1.148
Anahtar Kelimeler : Hava savunma sektörü, tezgah yatırım projeleri, değerlendirme, önceliklendirme, AHP, Bulanık AHP, Expert Choice, 0-1 tamsayılı programlama, bütçe kısıtı.
Sayfa Adedi : 130
Tez Yöneticisi : Yrd.Doç.Dr. Feyzan ARIKAN

**EVALUATION OF EQUIPMENT INVESTMENT PROJECTS IN AIR
DEFENCE SECTOR BY FUZZY AHP
(M.Sc. Thesis)**

Sezgin KAPLAN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
October 2007**

ABSTRACT

The aim of this thesis study, *evaluation and prioritization of equipment investment project requirements* for 2007-2016 years period of three Air Supply and Maintenance Centers which provide service in the *air defence sector* about repairment and maintenance of military systems. With regard to this aim, first of all, six equipment investment projects offered for the year of 2007 have been evaluated and then how similarly evaluation for other years had to be done is determined. A multi criteria decision making method, *Analytic Hierarchy Process (AHP)* has been preferred in the evaluation of project alternatives because of its providing simplicity in modelling of the complex problems, suitability to structure of our evaluation problem, simplicity of its theoretical infrastructure understanding, simplicity of usage, appropriateness for group decision making, robustness of theoretical infrastructure, consistency of results, widely applicability and high number of software tools. In order to state the linguistic uncertainty in the alternative pairwise comparison judgements rightfully, *Chang's Extent Analysis Method* which is one of the Fuzzy AHP techniques, has been used as a prioritization method. *Chang's Extent Analysis Method* has been preferred for this study because of its simplicity, number of application and similarity of solution steps to deterministic AHP. Project alternatives have been compared with each other according to total 15 sub-criteria which were

hierarchically under main four main criteria : potential contribution of the project to air logistic system, economy of the project, risks with the project and technology of the equipment. Pairwise comparison judgements which were used as input of arithmetical operations of the method, have been obtained by queries that had been applied to qualified experts. The final ranking of each project alternatives have been determined according to the final importance weights which were calculated by the method. In addition to Fuzzy AHP method results, deterministic AHP method results provided by *Expert Choice* software programme. According to deterministic AHP results, a difference in ranking has been seen between two alternatives which have close final importance weight values. Moreover, criteria which cause ranking reversal and effects of changes in each main criteria to the final ranking have been analyzed. Finally, by expanding the *ranking problem* to *selection problem*, a 0-1 integer programming model with *budget constraint* has been constructed for project selection. It is observed that results obtained by this thesis study are useful and applicable for Air Supply and Maintenance Centers because of obtaining to decision makers a rational, objective, consistent and rapid evaluation input regarding selection of equipment investment projects which will be budgeted and proper allocation of financial resources of Air Forces.

Science Code : 906.1.148

Key Words : Air defence sector, equipment investment projects, evaluation, prioritization, AHP, Fuzzy AHP, Expert Choice, 0-1 integer programming, budget constraint.

Page Number : 130

Adviser : Assist.Prof.Dr. Feyzan ARIKAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd.Doç.Dr. Feyzan ARIKAN'a, yine anket uygulamasında kıymetli zaman ve tecrübelerinden faydalandığım çalışma arkadaşlarıma, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli eşime ve sevgili oğluma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. TEMEL KAVRAMLAR	4
2.1. Karar Verme Kavramı	4
2.2. Karar Vermenin Özellikleri.....	5
2.3. Karar Verme Sürecinin Aşamaları	8
2.4. Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV).....	13
2.5. Bulanık Karar Verme	16
2.5.1. Bulanık küme teorisi	17
2.5.2. Bulanık sayılar	21
2.5.3. Üçgensel bulanık sayılar	23
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	26
3.1. AHP Tekniği Kamu Yatırım Projeleri Değerlendirme Uygulamaları	26
3.2. Bulanık Küme Teorisi Uygulamaları	29
3.3. Bulanık AHP Çalışmaları.....	30

Sayfa

3.4.	Chang Tekniği Uygulamaları	38
4.	ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ TEKİNİĞİ.....	41
4.1.	Çok Nitelikli Karar Verme Teknikleri	42
4.1.1.	Temel Teknikler	42
4.1.2.	Çok Nitelikli Fayda Teorisi Teknikleri	43
4.1.3.	Sıralama Teknikleri	45
4.2.	AHP'nin Adımları	48
4.3.	AHP'nin Avantajları	52
4.4.	AHP'nin Sınırlamaları	54
4.5.	Bulanık AHP	58
5.	PROBLEM TANIMI	60
5.1.	Yatırım Projeleri Değerlendirme	60
5.2.	Kamu Sektöründe Proje Değerlendirme	62
5.3.	Hava Kuvvetleri Lojistik Sistemi	64
5.4.	Tezgah Yatırım Programlama Süreci	66
5.5.	Tezgah Yatırım Projeleri Değerlendirme Problemi	67
5.6.	Değerlendirme Kriterleri	69
5.6.1.	Potansiyel katkı kriterleri	69
5.6.2.	Ekonomiklik kriterleri	71
5.6.3.	Risk kriterleri	73
5.6.4.	Teknoloji kriterleri	74
6.	MODELLEME VE ÇÖZÜM	76
6.1.	Chang'ın Mertebe Analiz Bulanık AHP Tekniği Adımları	76

Sayfa

6.2. Modelleme.....	79
6.3. Çözüm	81
6.3.1. Chang mertebeli analiz yöntemi ile bulanık AHP çözümü	81
6.3.2. Deterministik AHP çözümü	94
6.3.3. Bulanık ve Deterministik AHP çözümleri değerlendirilmesi	96
6.3.4. Duyarlılık analizi.....	100
6.4. Proje seçimi optimizasyon modeli	103
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	107
KAYNAKLAR	111
EKLER.....	120
EK- 1. Tezgah bilgi formu örneği.....	121
EK- 2. Kriter ikili karşılaştırma anketi örneği	126
EK- 3. Alternatif ikili karşılaştırma anketi örneği	129
ÖZGEÇMİŞ	130

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1 Karar tablosu.....	15
Çizelge 3.1 Kamu sektörü AHP uygulamaları.....	26
Çizelge 3.2 Bulanık küme teorisinin EM uygulamaları sınıflandırması.....	30
Çizelge 3.3 Bulanık AHP tekniklerinin karşılaştırılması [62].....	33
Çizelge 3.4 Bulanık AHP uygulamaları.....	34
Çizelge 3.5 Chang tekniği uygulamaları.....	39
Çizelge 5.1 2007 yılı tezgah yatırım teklifleri	68
Çizelge 5.2 Tezgah yatırım projeleri değerlendirme problemi hiyerarşik yapısı.....	70
Çizelge 6.1 Kriter bulanık karşılaştırma dereceleri.....	80
Çizelge 6.2 Alternatif bulanık karşılaştırma dereceleri.....	81
Çizelge 6.3 Ana kriterlerin ikili karşılaştırılması.....	82
Çizelge 6.4 Ana kriterler için sentetik mertebe değerleri	83
Çizelge 6.5 Ana kriterler için ağırlık vektörünün hesaplanması.....	83
Çizelge 6.6 Katkı alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması.....	84
Çizelge 6.7 Ekonomiklik alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması.....	85
Çizelge 6.8 Risk alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması	85
Çizelge 6.9 Teknoloji alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması.....	86
Çizelge 6.10 Harekat katkı kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması.....	87
Çizelge 6.11 Üretim etkinlik katkı kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması	87
Çizelge 6.12 Rekabet gücü katkı kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması.....	87
Çizelge 6.13 Dış bağımlılığın azaltılması kriterine göre alternatifler karşılaştırma ..	88
Çizelge 6.14 Ekonomik ömür kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması	88

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.15 Geri ödeme kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması.....	88
Çizelge 6.16 Kullanım yoğunluğu kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması	89
Çizelge 6.17 Atölye maliyet etkinlik kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması .	89
Çizelge 6.18 İhtiyaç iptal riski kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması	89
Çizelge 6.19 Tedarik edememe riski kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması..	90
Çizelge 6.20 İdame edebilirlik kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması	90
Çizelge 6.21 Teknoloji transferi kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması.....	90
Çizelge 6.22 Teknolojik ömür kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması.....	91
Çizelge 6.23 Çok yönlülük kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması.....	91
Çizelge 6.24 Geliştirilebilirlik kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması.....	91
Çizelge 6.25 Katkı ana kriterine göre alternatiflerin ağırlıkları.....	92
Çizelge 6.26 Ekonomiklik ana kriterine göre alternatiflerin ağırlıkları.....	92
Çizelge 6.27 Risk ana kriterine göre alternatiflerin ağırlıkları	92
Çizelge 6.28 Teknoloji ana kriterine göre alternatiflerin ağırlıkları	93
Çizelge 6.29 Nihai alternatif ağırlıkları	93
Çizelge 6.30 Ana kriterler BAHP-deterministik AHP çözümleri özeti	97
Çizelge 6.31 Katkı BAHP- deterministik AHP çözümleri özeti.....	99
Çizelge 6.32 Ekonomiklik BAHP- deterministik AHP çözümleri özeti.....	99
Çizelge 6.33 Risk BAHP- deterministik AHP çözümleri özeti	99
Çizelge 6.34 Teknoloji Bulanık AHP- deterministik AHP çözümleri özeti	100
Çizelge 6.35 Katkı ana kriteri duyarlılık analizi	103
Çizelge 6.36 Harekat kriteri duyarlılık analizi.....	103
Çizelge 6.37 Lindo çözüm değerleri	105

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1 Karar verme sürecinin aşamaları	9
Şekil 2.2. Bulanık alt küme $\tilde{A}$	18
Şekil 2.3 Bulanık kümelerin birleşimi	20
Şekil 2.4 Bulanık kümelerin kesişimi	20
Şekil 2.5 Normal (a) ve normal olmayan (b) bulanık kümeler	21
Şekil 2.6 Dış bükey (a) ve dış bükey olmayan (b) bulanık kümeler	22
Şekil 2.8 Üçgensel bulanık sayı, $\tilde{M}$	23
Şekil 4.1 Analitik hiyerarşi yapısı	49
Şekil 6.1 Bulanık M_2 sayısının M_1 sayısından büyük olabilirlik derecesi	78

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 6.1 Expert Choice ana kriterler ikili karşılaştırma ekranı	95
Resim 6.2 Expert Choice sayısal karşılaştırma modu ekranı	95
Resim 6.3 Expert Choice sözel karşılaştırma modu ekranı.....	95
Resim 6.4 Expert Choice çözüm ekranı	96
Resim 6.5 Expert Choice başabaş analiz ekranı.....	98
Resim 6.6 Expert Choice dinamik analiz başlangıç çözüm ekranı	101
Resim 6.7 Katkı kriterinin sıralamayı değiştirdiği sınır önem derecesi.....	101
Resim 6.8 Ekonomiklik kriterinin sıralamayı değiştirdiği sınır önem derecesi.....	101
Resim 6.9 Risk kriterinin sıralamayı değiştirdiği sınır önem derecesi	101
Resim 6.10 Teknoloji kriterinin sıralamayı değiştirdiği önem derecesi	102

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Kısaltmalar	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ARGE	Araştırma Geliştirme
BAHP	Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
BÇNOT	Basit Çok Nitelikli Oranlama Tekniği
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
HİBM	Hava İkmal Bakım Merkezi
OYTEP	On Yıllık Tedarik Programı

1. GİRİŞ

Günümüzde yönetim ve karar sürecini etkileyen faktörlerin artması ve daha karmaşık hale gelmesiyle, yöneticiler, sorunlarına çözüm bulmak amacıyla farklı teknolojiler, sistemler, politikalar ve stratejiler arasından bir tercih yapmak zorunda kalmaktadırlar. İçinde bulunulan karar probleminin geleceğe yönelik olması, karmaşıklık ve belirsizlik içermesi, zaman ve maliyet gerektirmesi ve çoklu kriter şartlarına sahip olması nedenleriyle, rasyonel bir şekilde karar verilebilmesi amacıyla daha fazla bilimsel karar verme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Karar verme, kısaca seçeneklerden bir tanesinin tercih edilmesi olarak tanımlanabilmektedir. Diğer bir deyişle, belirli bir amaca ulaşmak için değişik alternatiflerin belirlenmesi ve bunların içinden en etkilisinin seçilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, sınırlı kaynakların, en fazla faydayı sağlayacak şekilde kullanılabilmesi için ihtiyaçların doğru bir şekilde tespit edilip önceliklendirilmesi, karar verme kavramı içinde değerlendirilmektedir.

Önceliklendirme problemi ile değişik boyutlarda karşılaşılabilir. Bunlardan bir tanesi de farklı altyapı, modernizasyon, idame-işletme, ARGE vb. yatırım projelerine kaynak tahsisi amacıyla projelerin değerlendirilmesidir. Herhangi bir planlama aşamasında birçok proje alternatifleri bulunmaktadır. Başarılı bir sonuç için, proje alternatiflerinin iyi bir planlama ve strateji değerlendirmesi yapılması gerekmektedir. Her proje sahibinin kendi tanımladığı projelerin çok önemli olduğu inancında olması nedeniyle, yapılan proje değerlendirme ve önceliklendirme sonucunda uzlaşmanın sağlanması önem arz etmektedir.

Yatırım projesinin değerlendirilmesi, projenin teknik, mali ve ekonomik yönlerinin tutarlılığının ve sağlamlığının saptanması amacıyla yapılan çalışmaları kapsamaktadır. Özellikle sosyal, çevresel, yapısal ve politik gibi somut olmayan faktörlerin göz önüne alındığı ve kısıtlı bütçenin en iyi şekilde kullanılmasının zorunlu olduğu kamu sektöründe ihtiyaçların önceliklendirilmesi problemiyle sık olarak karşılaşmaktadır.

Kamu kurumları içinde önemli bir yere sahip Hava Kuvvetleri, değişimlere ve teknolojik gelişmelere paralel olarak sürekli yenilenme ilkesini esas alarak, kamu adına savunma mekanizmasını destekleyecek kuvvet yapısını oluşturmak, oluşturulan kuvveti sürekli ve ekonomik olarak harbe hazır durumda bulundurmak zorundadır. Bu amaç kapsamında, Hava İkmal Bakım Merkezleri (HİBM), Hava Kuvvetlerinin lojistik ihtiyaçlarının giderilmesi için vazgeçilmez bir konumda bulunmaktadır. Bu lojistik merkezlerin geleceğe yönelik üretim projelerinin nasıl gerçekleştirileceğinin ve tahsis edilecek kaynakların planlanması, lojistik sistem için önemli süreçlerden bir tanesidir.

Bu çalışmanın amacı, bir çok kriterli karar verme problemi olarak, Hava İkmal Bakım Merkezlerinin On Yıllık Tedarik Programı (OYTEP) kapsamında yurt içi veya yurt dışı firmalardan tedarik edilmeleri için üst komutanlıklarından talep ettikleri tezgah/teçhizatlara ait yatırım projelerinin bilimsel olarak değerlendirilerek önceliklendirilmeleridir. Bu amaç doğrultusunda, Hava İkmal Bakım Merkezlerinin 2007 yılı için teklif ettikleri 6 adet tezgah yatırım projesi, Bulanık AHP tekniği yardımıyla önceliklendirilmiştir.

Çalışmada ilgilenilen problem bir karar verme problemi olduğundan, ikinci bölümde karar verme ile ilgili temel kavramlar ve çok nitelikli karar verme ve bulanık karar verme yaklaşımları incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, literatürde konuyla ilgili yapılmış çalışmalar özetlenmiştir. Bu bölümde öncelikle kamu yatırım projeleriyle ilgili deterministik AHP uygulamaları, daha sonra bulanık küme teorisi uygulamaları, genel bulanık AHP uygulamaları ve Chang'ın Mertebe Analiz Yöntemi uygulamaları incelenmiştir.

Dördüncü bölümde ise, proje değerlendirmesinde kullanılacak AHP tekniği incelenmiştir. Bu bölümde, öncelikle problemin belirli sayıda alternatif (6 tezgah projesi) ve kriter (19 adet) içermesi nedeniyle, çözüm için çok kriterli karar verme kapsamındaki Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) teknikleri üzerinde durulmuştur.

Daha sonra AHP tekniğinin adımları, avantajları, kısıtları ve Bulanık AHP tekniği sunulmuştur.

Beşinci bölümde, problemin tanımına yer verilmiştir. Öncelikle, genel olarak yatırım projeleri değerlendirme ve kamu sektöründe karar verme konularına değinilmiştir. Daha sonra kapsam özelleştirilerek, Hava Kuvvetleri lojistik sistemi ve tezgah yatırım programlama sistemi özetlenmiştir. En son karar alternatifleri ve değerlendirme kriterleri tanıtılarak, probleme ait veriler tanımlanmıştır.

Altıncı bölümde, Mertebe Analiz Bulanık AHP tekniğinin adımları, problemin modellenmesi, çözümü ve çözümün analizi verilmiştir. Çözümün analizi kapsamında, Deterministik AHP çözümüne de yer verilmiştir. Bunun yanında, en başta belirlenen tezgah yatırım projelerinin önceliklendirilmesi amacının ötesinde, projeler arasından seçim yapılması için bütçe kısıtı altında seçilen önem ağırlıkları toplamını en çoklayan bir tamsayı programlama modeli oluşturulmuştur.

Sonuç ve öneriler bölümünde, yapılan çalışmanın katkıları, uygulama sonuçlarının değerlendirmesi ve ileriye dönük öneriler sunulmuştur.

2. TEMEL KAVRAMLAR

2.1. Karar Verme Kavramı

Karar verme olgusu insan hayatının vazgeçilmez bir parçasıdır. Bu olgu, kişisel kararlardan organizasyonların aldığı kararlara kadar farklılıklar arz etmektedir. Karar verme, insanın tabii yapısının bir gereği olarak hayatın hemen her safhasında en açık örnekleriyle karşılaşılan düşünsel bir süreç, zihinsel bir faaliyettir. Yönetim kademelerini dolduran yöneticiler zamanlarının çok büyük bir kısmını karar almakla geçirmektedir [1].

Karşılaşılan karar problemleri çok basit olabileceği gibi birçok faktörün etkilediği çok karmaşık problemler de olabilmektedir. Özellikle profesyonel yaşantıda verilecek kararlarda belirli bir hareket tarzını seçmeden önce dikkatli bir analiz ve bilgi toplama gerekebilmektedir. İşletme yöneticilerinin verecekleri kararlar işletmelerinin varlığını sürdürmesini yakından ilgilendirmektedir.

“Yeni yatırımlar nasıl finanse edilmelidir?”, “Yeni reklam kampanyası nasıl olmalıdır?”, “Personel alımına gidilmeli midir?”, “Tasarruflar nasıl değerlendirilmelidir?”, “Hangi alanlarda yatırım yapılmalıdır?”, “Hangi tedarikçilerle çalışılmalıdır?”, “Müşteri memnuniyetini artırmak için hangi iyileştirmeler yapılmalıdır?” gibi gerek kişisel yaşamda gerekse meslek yaşamında karşılaşılabilecek sorular birer karar problemi ile ilgilidir. Çünkü her soru bir seçime işaret etmektedir. Örneğin “Tasarruflar nasıl değerlendirilmelidir?” sorusunun birden fazla cevabı vardır. Bu tarz sorularla karşılaşan kişi veya kurumlar bir seçenek demetinden tercih yapmak, bir başka deyişle bir karar vermek durumundadırlar. O halde karar verme, en basit şekli ile “Seçeneklerden bir tanesinin tercih edilmesi” olarak tanımlanabilmektedir [2]. Karar verme için literatürde farklı yönler vurgu yapılarak çeşitli tanımlamalar verilmiştir.

Karar verme, her yönetim düzeyinde sonuçlandırılması zorunlu olan bir veya bir dizi sorunun tüm boyutlarıyla değerlendirilerek en uygun sonucu verebileceği saptanan seçenek veya seçeneklerin belirlenmesidir [3].

Amaca ulaşmada değişik davranışlar içinden etken olanın seçilmesi işlemidir [4].

Alternatif hareket tarzlarının çevresel faktörlerle birlikte geliştirilip değerlendirilmesi sonunda, birinin rasyonel bir davranış olarak seçilmesidir [5].

Belirli bir amaca ulaşmak için değişik alternatiflerin belirlenmesi ve bunların içinden en etkilisinin seçilmesi işlemidir [6].

Bir amacı gerçekleştirmek üzere en iyi hareket biçimini seçme, uygulama ve kontrol etme niteliğini taşıyan bilinçli bir süreçtir [7].

Mevcut tüm alternatifler arasından amaç veya amaçlara en uygun ve mümkün olan alternatiflerin bir veya birkaçını seçme sürecidir [8].

Yukarıdaki tanımlardan anlaşılacağı gibi, bir karar verme probleminin oluşması için, karar vericinin gerçekleştirmek istediği bir amacın bulunması, karar vericinin ortaya koyduğu amacını gerçekleştirebileceği ve arasından seçim yapabileceği birden fazla alternatif belirlenmesi, seçimi yapabilmesi için etkinlik ölçütünü belirlemesi gerekmektedir.

2.2. Karar Vermenin Özellikleri

Bu çalışmada incelenen kamu sektörü yatırım projeleriyle ilgili karar verme problemine doğru bir şekilde yaklaşabilmek için karar vermenin genel özellikleri incelenmiştir. Her bir karar problemi, kendine has farklı nitelikler içermekle birlikte, karar verme işleminde genel olarak gözlemlenen özellikler şunlardır [2]:

Geleceğe yönelik olması : Karar verici durumunda olan kişi veya kişilerin vermiş oldukları kararlar tümüyle geleceğe ilişkindir. Karar verme ile ilgili olarak yapılan tüm çabaların temelinde gelecekle ilgili bir takım endişeler söz konusudur. Dikkat edilmesi gereken nokta, geleceğin belirsizliklerle dolu olması ve verilecek kararlar neticesinde olumlu neticelerin yanı sıra olumsuz durumların da karar vericileri beklediğidir.

Karmaşıklık : Bir kararın karmaşıklığı, kararı birçok faktörün etkilemesinden kaynaklanmaktadır. Tek bir kişinin karara etki eden tüm faktörlerle ilgili bilgiye sahip olması imkansızdır. Karar problemlerini etkileyen değişik faktörlerle ilgili girdiler, farklı alanlardaki uzmanlar tarafından sağlanmaktadır. Çok önemli kararların verilmesinde nadir olarak tek bir kişi tüm karar yetkisine sahiptir. Bu tür kararlarda, aynı ekibin üyesi olan veya olmayan birden fazla kişi veya gruplar karar verme sürecinin belli aşamalarında söz sahibi olabilmektedir. Birçok önemli karardan birden fazla kişi etkilenir. Bazen bu kişilerin tutum ve değerleri farklılık gösterir. Bu durum karar probleminin karmaşıklığının artmasına sebep olmaktadır.

Belirsizlik : Gerçek hayat ortamında, karar süreçleri genellikle belirsiz, net olmayan, tanımsız ve öznel veri veya bilgi içermektedir. Bu özellikler birçok karar verme probleminin ortak karakteristiği olması nedeniyle, iyi bir karar verme modeli için belirsizliği ifade edebilme özelliği aranmaktadır. Karar verme sürecinde oluşturulan modellerin kullanılması ile olayın veya sistemin gelecekte alacağı durum ve göstereceği davranış biçimi tahmin edilmeye çalışılır. Halbuki günlük yaşantıda karşılaşılan problemlerin büyük bir çoğunluğu, çeşitli nedenlerden dolayı tam olarak modellenemeyebilir veya kesin bir durumu ifade edemeyebilirler [9]. Ayrıca bütün kararların sonuçları gelecekte ortaya çıkacak çeşitli olaylardan etkilenmektedir. Bir karar problemi incelenirken nihayetinde belirsizliğe neden olan ardışık kararların da göz önüne alınması gerekmektedir.

Zaman ve maliyet gerektirmesi : Arzu edilen sonuçlara ulaştıracak kararların verilebilmesi için, sorunun gözlemlenmesi, belirlenmesi, verilerin toplanması ve işlenmesi; belirsizliğin giderilmesi için yapılacak araştırma; stratejilerin geliştirilmesi

ve değerlendirilmesi ve de seçimi aşamalarının tamamlanması, bir yandan belli bir zamanı, diğer yandan da belirli bir maliyeti gerektirir.

Rasyonellik : Karar vermenin mümkün olduğunca rasyonel olması gerekir. Rasyonellik iki farklı anlamda düşünülebilir. Bunlardan birincisi; verilen kararlardan sağlanan faydanın, kullanılan zaman ve yapılan maddi harcama ile karşılaştırılması, başka bir deyişle kazanç/zaman veya maliyet/kazanç oranlarının yüksek olmasıdır. Rasyonelliğin ikinci anlamı ise; kararların bilimsel teknik ve tekniklere dayalı olarak alınmasıdır. Karar kuramı, karar vericilerin sorunlara sistematik analizler ve sentezler yaparak en iyi sonuçlara ulaşmalarını sağlar. Gözlemlerin ve bilgilerin tam olarak birleştirilmesi ile, olayların çelişkiler bütünü olarak kalmamasını sağlayan etkin analizler sunar. Böylece karar verici belirsizlik karşısında güçsüz duruma düşmekten kurtulacaktır.

Fırsat maliyeti : Karar çeşitli alternatiflerden en uygun olarak düşünülenlerin seçimini ifade ettiğine göre, olumsuz yönden ele alındığında, kötülerin en iyisi olan alternatifin seçilmiş olduğu anlamına gelir. Gerçekten söz konusu olabilecek çeşitli amaçlarla, bunlara ulaştırabilecek çeşitli araçların faydaları olduğu gibi, sakıncaları da bulunmaktadır. Karar verme faaliyeti sırasında her amaç ve aracın fayda ve mahsurları karşılaştırılır; sonunda içlerinden en uygun görünen üzerinde karar kılınır. Diğer bütün alternatiflerin mahsurları ile birlikte faydaları da göz ardı edilir. Bu göz ardı edişte ise şüphesiz bir kayıp, başka bir deyişle fırsat maliyeti ortaya çıkmaktadır.

Çoklu kriter : Karar verme işlevini zorlaştıran ve karar vermeye sistematik bir yaklaşım gerektiren birçok etken vardır. Bunlardan en önemlisi karara etki eden birçok kriterin bulunmasıdır. Kararların zorluğu, alternatif çözümlerin sayısından çok, karar kriterlerinin sayısı ile orantılıdır. Karar verme sürecinde birden fazla kriterin dikkate alınma zorunluluğu ile bugün hemen her karar probleminde karşılaşılmaktadır. Karar vericilerin çoğunlukla birden fazla, genellikle birbirleri ile çelişen kriterleri içeren kararlar vermek zorundadırlar [10]. Tek bir alternatifin tüm bu kriterlerde en iyi olması beklenmemektedir. Bu gibi kararlarda, her alternatifin bu kriterleri ne oranda karşıladığının değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Birden

fazla faktörün etkisiyle birden fazla uygun alternatifin bulunması, en uygun alternatifin belirlenmesinde bir zorluk oluşturmaktadır.

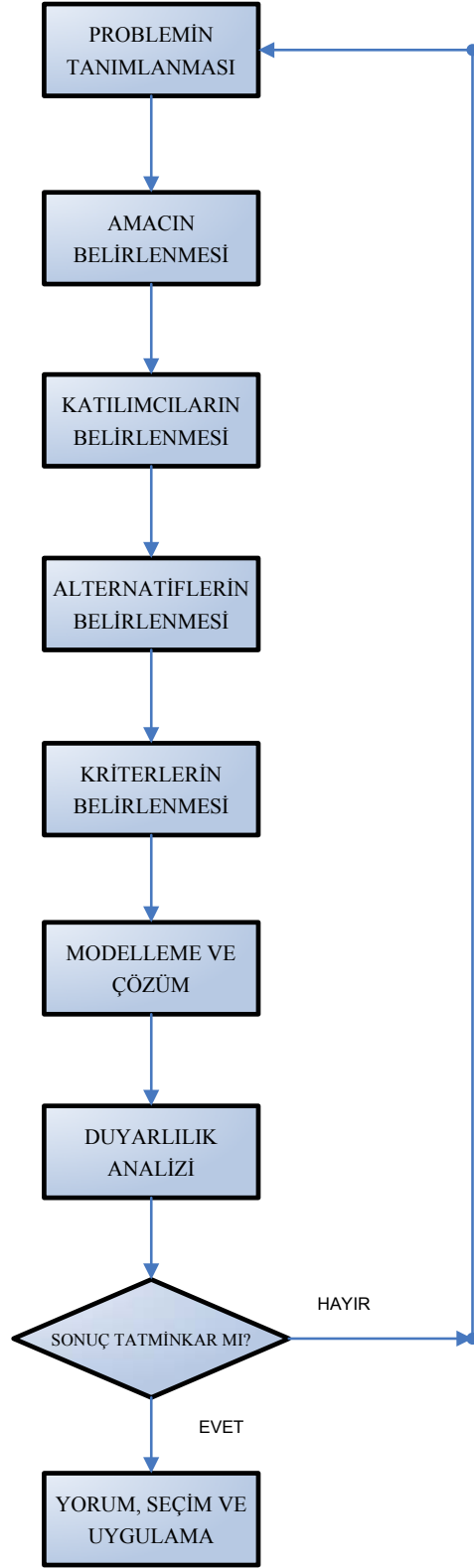
2.3. Karar Verme Sürecinin Aşamaları

Karar verme probleminin nasıl ele alınacağını belirlenebilmesi amacıyla karar verme süreci aşamalarının incelenmesi gerekmektedir. Karar türü ne olursa olsun, izlenecek karar verme basamakları yaklaşık olarak aynı olmaktadır. Bununla birlikte her basamakta izlenecek teknikler, başvurulacak teknik ve ayrıntılar kararın niteliğine bağlı olarak değişebilmektedir [7]. Şekil 2.1 ile gösterilen karar verme sürecinin aşamaları aşağıda özetlenmiştir [11].

Problemin tanımlanması : Karar analizi, çözülmesi gereken problemin tanımlanması ile başlamaktadır. Karşılaşılan problemin doğru olarak belirlenip tam ve açık bir şekilde ifade edilmesi gerekir. Problemin doğru tanımlanması, analizin diğer aşamaları için temel teşkil etmektedir. Yanlış bir probleme yönelik mükemmel bir çözüm, karşılaşılan sorunu gideremeyeceğinden etkili de olamayacaktır. Gerçek problemi tanımlayıp çözmek yerine, problemin belirtisi mahiyetindeki sorunları giderecek çözümlere yönelmek karar verme sürecini daha en baştan olumsuz sonuçlanmaya mahkum edecektir.

Amaçın belirlenmesi : Bir karar probleminde amaçlar, kriterlerin karar vericinin arzuları doğrultusunda yönlendirilmiş şekli olarak tanımlanabilir. Amaç belirleme bir tündengelim işlemidir. Genel amaçtan alt amaçlara inmek suretiyle, niteliksel tanımlamalardan sayısal sonuçlara geçiş sağlanmış olur. Amaçlar alternatiflerin değerlendirilmesi için temel oluşturur. Karar verme durumu ile amaçların hepsinin tanımlanmış olması ve karar vermede kullanılması doğru olmayan bir karar alınmasını engellemektedir [12].

Karar verme sürecine katılanların belirlenmesi : Herhangi bir karar verme gerektiren problem çözümüne, karar verici veya problem sahibi, alınacak karar üzerinde kontrolü olan kişi veya grup, karar verici tarafından oluşturulan çözümü kullanan



Şekil 2.1 Karar verme sürecinin aşamaları [11]

ve/veya kararı uygulayan fakat karar üzerinde herhangi bir değişiklik yetkisi olmayan kişi/kişiler, karardan etkilenenler (kararın sonuçlarından faydalanan veya zarar gören kişiler), problemi analiz eden ve karar verici için çözüm geliştiren veya çözüm sürecinde yardımcı olan analizciler katılırlar. Karar verme sürecinde hiçbir karar verici tek başına karar alamaz. Bu süreçte karar vericiyi etkileyenler, kararın sonuçlarını kendi amaçları doğrultusunda oluşmasına yardımcı olmaktadır [13].

Alternatiflerin belirlenmesi : Her alternatif potansiyel bir çözümdür. Bu nedenle belirlenen alternatifler uygulanabilir olmalı ve uygulandıklarında sorunu ortadan kaldıracıdır. Alternatiflerin belirlenmesi yaratıcılık gerektiren bir işlemdir. Seçim her zaman belirlenen alternatifler arasından yapılacaktır. Belirlenmeyen bir alternatifin seçilme şansı yoktur. Dolayısıyla ne kadar iyi alternatifler belirlenirse çözüm de o oranda iyi olacaktır.

Kriterlerin belirlenmesi : Kriterler, çeşitli çözüm alternatiflerinin değerlendirilerek en uygun olanına karar verebilmek, bir alternatifin yeterliliğini kanıtlayabilmek veya amacı ne ölçüde gerçekleştirebileceğini ortaya koyabilmek için kullanılan karar problemi elemanlarıdır. Üzerinde çalışılan kriterler, tam ve ayrıntılı olmalı, karşılıklı ilişkileri içinde barındırmalı, en üst önem derecesine sahip performans kriteri ile sınırlandırılmalıdır.

Alternatiflerin somutluğu ile kriterlerin belirsizliği arasını doldurmak için ara kademelerinde alt amaçlar ve ölçütler olan hiyerarşik bir yapı kullanılabilir. Kriter hem karar vericinin nereye ulaşmak istediğini hem de alternatiflerin hangi özelliklerinin karar vericinin tercihini daha çok etkilediğini gösterir [12].

Keeney ve Raiffa, problemde kriterlerin belirlenmesi için literatür araştırması yapılmasını ve/veya uzmanlardan seçilecek kişilerle bir görüşme yapılmasını teklif etmişlerdir. Bunun ile kriter kümesinin zenginleşeceğini fakat bunun yanında kriterlerin istenen görevi temsil etmesi de gerektiğini belirtmişlerdir [14] .

Modelleme ve çözüm : Modelleme ve çözüm aşaması, karar verme sürecinin temelini oluşturmaktadır. Bundan önceki aşamalar analizin niteliksel bölümünü oluşturmaktadır. Ancak etkili bir sonuca ulaşmak için bu aşamaların ciddi bir şekilde ele alınması çok önemlidir. Çünkü bu aşamada kurulacak modeller daha önceki aşamalardan elde edilen verileri girdi olarak kullanacaktır. Eğer problem yanlış olarak tespit edilmiş, amaç ve kriterler uygun olarak belirlenmemiş ve yaratıcı alternatifler geliştirilmemiş ise, kurulan modeller ne kadar detaylı olursa olsun, sonuç gerçek problemi tatminkar olarak çözecek yönde olamayacaktır [15].

Karar problemlerini modelleyebilmek için öncelikle problemin yapısı, başka bir ifade ile problemin elemanları ve bu elemanlar arasındaki ilişkiler ortaya konulur. Daha sonra, karar problemindeki belirsizlikle ilgili daha iyi bilgi elde etmek için ek bilgi kaynağına (keşif, tahmin vb.) başvurulup başvurulmayacağı değerlendirilir. Eğer ek bilgi kaynağına başvurulursa, ek bilgi kaynağından elde edilen bilgi analize dahil edilir.

Bu aşamada problem çözümünde kullanılacak *teknik*in seçimi önem kazanmaktadır. Yapılan birçok çalışma göstermektedir ki, farklı teknikler, tamamen aynı problem, aynı varsayımlar ve aynı karar verici için farklı çözümler önerebilmektedirler [16]. Mevcut tekniklerin çok çeşitli, farklı karmaşıklık derecesinde ve farklı çözümlere sahip olmaları, karar vericiler için seçim yapmayı zorlaştırmaktadır. Bunun yanında, bazı problem türleri için birkaç teknik alternatifi bulunmakta ve kullanıcılar bu alternatif teknikler arasından en uygun tekniği seçmek durumunda kalmaktadırlar.

Duyarlılık Analizi : Uygun teknikin seçiminin yanında, karar analizi sürekli bir işlem olduğundan modeller kurulup çözüldükten sonra *duyarlılık analizi* ve bu analizin sonucuna göre modellerde düzeltmelere gerek duyulmaktadır. Duyarlılık analizi; “.....olursa.....ne olur?” sorusuna cevap verir. Duyarlılık analizinde, “Eğer modelin herhangi bir elemanı veya elemanlarında değişiklik yaparsak, bundan optimal çözüm nasıl etkilenir?” sorusunun cevabı aranır. Eğer herhangi bir elemandaki değişimin optimal karar üzerindeki etkisi fazla ise, kararın o elemandaki değişime karşı duyarlı olduğu sonucuna varılır. Bu durumda karar vericinin ilgili elemanı daha dikkatli

incelemesi gerekecektir. Duyarlılık analizi, karar probleminin herhangi bir elemanı için yapılabilir. Duyarlılık analizinin sonucunda problem tanımlama aşamasına bile geri dönülebilir. Duyarlılık analizi sonucunda probleme yeni hedefler eklenebilir, mevcut hedeflerde değışiklik yapılabilir, yeni alternatifler geliştirilebilir veya belirsizlik ve tercih modellerinde değışiklik yapılabilir.

Duyarlılık analizinin sonucu karar verici için tatminkarsa, tüm analizler sonucunda elde edilen bilgiler karar verici tarafından yorumlanacak ve nihai karar bu yoruma dayanılarak verilecektir. Bundan sonra karar uygulamaya konulacak ve uygulama takip edilerek değerdendirilecektir. Bu son aşama, yorum, seçim, ve uygulama aşaması olup yine karar vermenin kalitatif kısmı ile ilgilidir [2].

Genel olarak, iyi bir kararın etkili ve rasyonel olması, zamanında ve hızlı alınması ve hızla uygulanması gerekmektedir. İyi bir karar modeli oluşturabilmek için, karar vericinin ve kararla ilgili diğer uzmanların, karar problemine yönelik düşüncelerinin, belirsizlikle ilgili yargılarının ve kişisel tercihlerinin tam olarak tespit edilmesi gerekmektedir. Diğer bir deyişle, iyi bir karar verme için, karar probleminin doğru belirlenmiş olması, değışik alternatiflerin belirlenmiş olması, karar problemine etki eden tüm faktörlerin göz önüne alınmış olması, faktörlerle ilgili tüm bilgilerin doğru ve maliyet/etkin şekilde elde edilmiş olması, sentez ve değerdendirmenin mantikî bir tekniğe dayanmış olması gerekmektedir. Kararların geleceğe yönelik ve geleceğin de risklerle dolu olması nedeniyle, rasyonel karar vermek için karar kuramının yeni gelişmelere ve araştırmalara açık olan tekniklerinin sunulması gerekmektedir. Proje değerdendirmesinde kullanılacak yöntem, gerçeklere uygunluğu oranında başarılı olacaktır [17].

Çalışmada incelenen problemde sınırlı sayıda alternatif (6 adet) ve kriter (15 adet) olduğu için, çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde çok nitelikli karar verme üzerinde durulacaktır.

2.4. Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV)

Çok nitelikli karar verme yaklaşımının anlaşılabilmesi için öncelikle çok kriterli karar verme ve çok amaçlı karar verme kavramları açıklanmıştır.

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), karar vericinin sayılabilir sonlu sayıda veya sayılamayan sayıda seçenekten oluşan bir küme içerisinde en az iki kriter kullanarak yaptığı seçim işlemi; diğer bir deyişle, iki veya daha fazla kritere dayalı bir değerlendirme yaparak seçim yapması olarak tanımlanabilmektedir [18, 19].

Çok kriterli karar verme probleminin oluşabilmesi için birden fazla kriter olması ve bu kriterlerin çelişiyor olması gerekmektedir. Diğer bir ifade ile, karar verme problemi en az iki çelişen kritere sahipse ve karar yönelik en az iki alternatif çözüm mevcut ise karar problemi çok kriterli karar verme problemidir. Bazı problemlerde birden fazla kriter olabilir fakat alternatiflerden birisi bütün kriterlerde en iyi olabilir. Bu durumda ortada çok kriterli karar verme problemi söz konusu değildir. Kriterlerden birinde meydana gelen artışlar diğerlerinde azalma meydana getiriyorsa bu kriterler çelişiyor demektir. Bütün kriterlerde en iyi olan tek bir alternatif yoksa birden fazla alternatif çözüm var demektir [17].

Bu tür karar problemlerinin karmaşıklığının artıran diğer bir unsur da, bu kriterlerin birbiriyle çelişmesidir. Bir alternatiften diğer bir alternatife geçildiğinde, bazı kriterlerin değerleri iyileşmekte, bazı kriterlerin değerleri ise kötüleşmektedir. Bu durumda seçimin nasıl yapılacağı sorusu ile karşılaşmaktadır. Birden fazla kriter bulunduğu ve bu kriterler birbiriyle çeliştiğinden, çok kriterli karar problemlerinde en iyi çözümden söz edilmek zorundadır. Çünkü seçilen alternatif, bazı kriterlerde diğer alternatiflere göre daha üstün, bazı kriterlerde ise daha kötü durumda olacaktır. Ancak seçilen alternatif, karar vericinin kriterlere verdiği önceliğe göre tercih edilen seçenek olacaktır [20].

Çok kriterli karar verme, seçenek sayısına göre çok amaçlı ve çok nitelikli karar verme olarak ikiye ayrılmaktadır [21]. *Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV)*,

alternatiflerin bir matematiksel programlama yapısı içinde dolaylı olarak tanımlandığı ve sonsuz sayıda olduğu sürekli durumlardaki karar vermeye dayanmaktadır. Matematiksel optimizasyon tekniklerini gerektirmektedir. Karar vericinin değer fonksiyonunun var olduğunu ama bilinmediğini ve uygun çözüm kümesinin sürekli olduğunu varsaymaktadır. Yani sonsuz sayıda veya en azından çok fazla sayıda seçenek vardır ve bu seçenekler kısıtlar aracılığı ile tanımlanmaktadır. *Hedef programlama, tamsayılı çok amaçlı programlama, dinamik programlama* bu kapsamda incelenebilecek tekniklerdir [18, 19].

Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) ise, seçeneklerin açıkça sonlu sayıda bir liste ile tanımlanabildiği kesikli durumlardaki karar vermeye dayanmaktadır. Bu durumda, değerlendirmede kullanılan kriterlerin sayısı fazla olabilmektedir. Sonlu sayıda ayrık seçenek ile ilgilenen bu yaklaşım, genellikle seçenek sayısı makul bir büyüklükte olduğu, tüm seçeneklerin ve dolayısıyla çözümlerin tek tek bilindiği varsayımını yapmaktadır.

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_q\} \quad Y = \{f(x_1), f(x_2), \dots, f(x_q)\}$$

Yukarıdaki gibi, X 'in alternatif kümesi ve Y 'nin her bir alternatife ait tercih fonksiyonu değer kümesi olarak tanımlandığı problem, q tane alternatif arasında karar vericinin en fazla tercih ettiği çözümü bulma problemidir [19].

ÇNKV ile ilgili bazı kavramlara ait tanımlar aşağıda verilmiştir :

Alternatif : Değerlendirilecek, önceliklendirilecek, seçilecek, sınıflandırılacak veya sıralanacak seçeneklerdir.

Amaç : Amaçlar, kriterlerin karar vericinin istekleri veya ihtiyaçları doğrultusunda yönlendirilmiş şeklidir. Amaçlar alternatiflerin değerlendirilmesi için temel oluşturur. Genel amaçtan alt amaçlara inmek suretiyle, niteliksel tanımlamalardan sayısal sonuçlara geçiş sağlanmış olur.

Kriter : Etkinlik için bir ölçü, değerlendirme için bir esastır. Alternatiflerin amacı başarma yönünden karşılaştırılmasında kullanılan ölçüttür.

Kriter Ağırlıkları : Hemen hemen bütün ÇNKV teknikleri her kriterin görelî önemini bulmak için bilgiye ihtiyaç duyarlar. Ağırlıklar doğrudan karar verici tarafından belirlenebileceği gibi bazı teknikler (Sıralama, Puanlama, İkili Kıyaslama, Ardışık Sıralama, Delphi ve Öz Değer) ile de bulunabilir.

Karar Tablosu : ÇNKV problemleri basit olarak matris formatında ifade edilebilir. Burada sütunlar verilen problemdeki kriterleri, satırlar ise alternatifleri belirtir. ÇNKV metodolojisinin standart özelliği olan karar tablosu Çizelge 2.1 ile verilmiştir.

Çizelge 2.1 Karar tablosu

		x_1	.	.	x_n
		A_1	.	.	A_n
w_1	C_1	a_{11}	.	.	a_{1n}
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
w_m	C_m	a_{m1}	.	.	a_{mn}

Karar tablosu m kriter ve n alternatife sahip ÇNKV problemi için oluşturulmuştur. $C_1, \dots, C_m$ ve $A_1, \dots, A_n$ sırasıyla kriterleri ve alternatifleri ifade etmektedir. Tabloda her bir satır, bir kritere aittir ve her bir sütun da bir alternatifin performansını açıklamaktadır. a_{ij} skoru, A_j alternatifinin C_i kriterine göre performansını göstermektedir. Minimizasyon amacını kolay bir şekilde maksimizasyon amacına dönüştürebilmek için, basit olarak, yüksek bir skor değeri daha iyi bir performansa karşılık gelmektedir.

Çizelge 2.1’de de görüldüğü gibi her bir kritere $w_1, \dots, w_m$ ağırlıkları verilmiştir. w_i ağırlığı, C_i kriterinin karar için görece önemini yansıtmakta ve genellikle pozitif olmaktadır. Kriterlerin ağırlıkları, genellikle *özel* olarak belirlenmektedir. Bu

öznellik, tek bir karar vericinin düşüncelerinden veya uzman grubunun düşünce sentezinden kaynaklanmaktadır.

Her bir alternatife ait $x_1, \dots, x_n$ değerleri, alternatiflerin nihai sıralama değerleridir ve genellikle yüksek sıralama değeri alternatifin daha iyi bir performansa sahip olduğu anlamına gelmektedir [22].

ÇNKV metodolojisi, alternatifleri değerlendirmek için çok boyutlu veriden anlamlı bir gösterge oluşturma gayretindedir. Karar analizi, ilgili amaçları yerine getirmeyi ölçecek kriterlerin oluşturulmasıyla başlar. Daha sonra alternatifler seçilen kriterlerle karşılaştırılır. Genellikle bütün kriterler karar verici için eşit öneme sahip değildir. Bu nedenle kriterler arasında uygun ağırlıkların tespiti, karar vericinin en önemli işlerinden birisidir. Kriterler nitel olabileceği gibi nicel de olabilmektedir.

2.5. Bulanık Karar Verme

Gerçek hayatta karşılaşılan karar verme problemleri belirli seviyelerde karmaşıklık içermektedir. Bu karmaşıklık, genel olarak belirsizlik, kesin düşünceden yoksunluk ve karar verilemeyeiştten kaynaklanmaktadır. Gerçek bir olayın kavranılması, insan bilgisinin yetersizliği sebebiyle tam anlamı ile mümkün olmadığından, insan, düşünce sisteminde ve zihninde karmaşık olayları yaklaşık olarak canlandırarak yorumlarda bulunmaktadır [23].

Bulanıklık kavramı ile, belirsizliğin bir ifadesi olarak karşılaşılmaktadır. Karşılaşılan birçok sorun, sayısal bilgilerden ziyade, çoğu zaman kişisel görüş, değer yargısı, takdir ve düşüncelerin sözel olarak ifade edilmesiyle incelenmekte ve yorumlanmaktadır. Örneğin, “hava sıcak” denildiği zaman “sıcak” kelimesi, göreceli bir anlam ifade etmektedir. Bu rasgele değildir ancak belirsizdir ve bu şekilde kelimelerin ima ettikleri belirsizlikler için bulanıklık söz konusu olmaktadır [9].

Bulanıklık, genel olarak, bir araştırmacının incelediği konunun kendisi tarafından tam kesinlikle bilinmemesi durumunda sahip olduğu eksik ve belirsiz bilgilerin

tümüdür [23]. Diğer bir deyişle, bulanıklık bir kelimenin anlamında veya bir kavramın tanımlamasında bulunan belirsizliktir. İncelenen sistemlerin karmaşıklığı ve az veya yetersiz miktarda veri bulunması durumlarında, bulanıklık etkili olmaktadır.

Anlaşılabacağı üzere, bulanıklık, birinci olarak, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi ve ikinci olarak, insan yargısına, kavrayışlarına ve karar vermesine ihtiyaç gösteren hallerde geçerli olmaktadır [23].

Bulanıklığı ifade etmek için dilsel değişkenler kullanılmaktadır. *Dilsel değişkenler*, değerleri dilsel terimler olan değişkenlerdir [24]. Genellikle, uzmanlar düşüncelerini sayısal değerler ile ifade etmektedirler. Düşünceler net bir şekilde sayısal olarak ifade edilemediğinde, sayısal değerler yerine dilsel değerlendirmeler yapmak daha gerçekçi bir tercih olmaktadır. Söz konusu dilsel terimlerin sınırlarını açıkça çizmek zor olmaktadır. Bu nedenle dilsel terimler bir belirsizlik ifade etmektedirler. Karar verme problemlerinde karar vericilerin net olmayan ve eksik veriye sahip olması, kararların bireysel kabiliyetlere bağlı ve öznel olmasına neden olmaktadır [9].

2.5.1. Bulanık küme teorisi

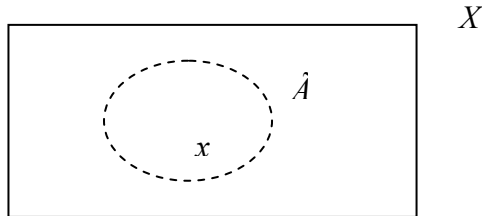
İnsan düşünce ve algılarındaki belirsizlikle ve bu belirsizliğin sayısallaştırılması ile ilgilenmek amacıyla 1965 yılında L.A. Zadeh tarafından Bulanık Küme Teorisi geliştirilmiştir. Bu teori, kesin olmayan ve şüpheli kaynaklar ışığında insanların tutarlı ve doğru kararlar vermelerini sağlayan düşünme ve karar verme mekanizmalarının modellenmesi ile ilgilenmektedir [9].

Bulanık küme teorisi ile, kesin sınırları olmayan problemleri tanımlamak ve çözmek amaçlanmıştır. Bilgi eksikliğinden kaynaklanan net olmayan ve bulanık bilgiyi ifade etmek için bir esneklik sağlamaktadır. Genellikle net değerlerden çok belirsiz durumlar ile karşılaşıldığından, nitel tercihlerin noktasal tahminlere dönüştürülmesi için kullanılmaktadır.

Bulanık küme teorisinde kullanılan bulanık küme, üyelik fonksiyonu ve bulanık sayı gibi temel kavramlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Bulanık kümeler, üyelik için yeterli kriterlerin olmadığı, yetersiz tanımlanmış nesneler kümesidir [26]. Bu gibi üyeliklerin tanımlanmamış sınırları vardır. Öyle ki, küme içindeki bu nesnelerin kümeye ait olup olmadığını tanımlamak imkansızdır.

Şekil 2.2.'de X kümesinin bulanık alt kümesi $\tilde{A}$ gösterilmiştir. Bulanık kümelerin standart kümelerin uzantıları olmaları nedeniyle, bir bulanık küme temsili sembolün üstünün “~” ile çizilmesi ile ifade edilmektedir. Tanımlanan bütün bulanık kümelerin kümesi X ile gösterilmektedir. Kesikli çizgilere sahip daire, bulanık alt küme $\tilde{A}$ 'nın içinde veya dışındakileri ayıran belirsiz sınırı göstermektedir. Bulanık küme teorisi, X kümesinin x elemanının $\tilde{A}$ alt kümesine ait olma derecesini *üyelik fonksiyonu* ile tanımlamaktadır. Ait olma derecesi bazen *mertebe* olarak ifade edilmektedir [26].



Şekil 2.2. Bulanık alt küme $\tilde{A}$

$\tilde{A}$ bulanık kümesi, düzenli ikililer kümesi ile karakterize edilmiştir.

$$\tilde{A} = \{ (x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X \}$$

Buradaki ikiliden ilki, üzerinde durulan x elemanını, ikincisi $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ise bu elemanın $\tilde{A}$ bulanık kümesine üyelik derecesini ifade etmektedir. Eşitlik yerine aynı zamanda aşağıdaki gösterim şekli de önerilmiştir. X sonlu bir küme olduğunda $\tilde{A}$ bulanık kümesi şu şekilde belirtilir:

$$\tilde{A} = \mu_A(x_1) / x_1 + \dots + \mu_A(x_n) / x_n = \sum \mu_i(x_i) / x_i$$

Bulanık kümeler üzerine kurulan matematiksel yapı, klasik matematikten daha fazla açıklayıcı bir güce sahip olmasına rağmen, kullanılabilirliği, uygulama alanlarında karşılan kavramlar için uygun üyelik fonksiyonlarının belirlenmesine bağlıdır [27].

Bir bulanık küme, her bir elemanı 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip bir fonksiyon ile tanımlanır. Burada bir *üyelik fonksiyonu* yargı aralığındaki elemanların tercih kümesine ait olma derecesini ifade etmektedir [26].

$x \in X$ ve $A \subseteq X$ için, bulanık kümenin üyelik derecesi,

$\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1]$ olarak ifade edilir.

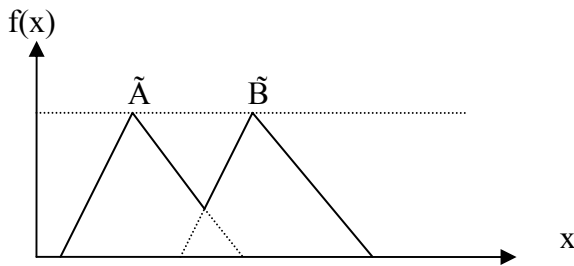
μ , üyelik fonksiyonu 0 ile 1 arasında değer almaktadır. Kümeye dahil olmayan elemanların üyelik değerleri 0, kümeye tam dahil olanların üyelik değerleri de 1 olarak atanmaktadır. Kümeye dahil olup olmadıkları belirsiz olan elemanlara ise belirsizlik durumuna göre 0 ile 1 arasında değerler atanmaktadır.

Bulanık kümelerle gerçekleştirilen işlemler eşitlik, alt küme, birleşim, kesişim, tümleyen, cebirsel çarpım ve cebirsel toplam olarak sıralanmaktadır. Burada çalışma ile ilgili olan ve sık kullanılan işlemler olarak birleşim, kesişim, cebirsel çarpım ve cebirsel toplam işlemleri açıklanmıştır.

Birleşim : Bulanık kümelerin özelliklerini belirtmek için üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Bulanık kümeler $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ 'nin birleşimi, $\tilde{A} \cup \tilde{B}$ aşağıdaki üyelik fonksiyonu ile tanımlanmaktadır. Birleşimden, iki veya daha fazla alt kümenin bir temel küme içinde ortak noktalarının bulunması durumunda kümelerin birbirleri ile “veya” mantığı ile bağlanması sonucunda temel kümenin alt kümelerin en az biri tarafından işgal edilen yerleri anlaşılmaktadır (Şekil 2.3).

İki bulanık kümenin birleşiminin üyelik fonksiyonu, bireysel üyelik fonksiyonlarının en büyüğü olarak tanımlanır [23].

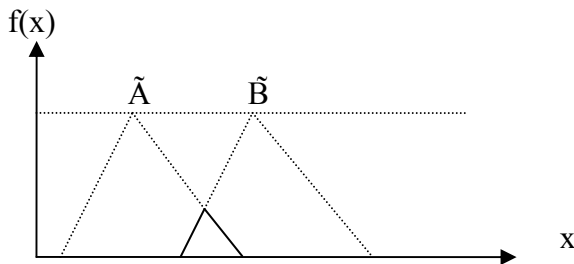
$$\begin{aligned}\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) &= \mu_{\tilde{A}}(x) \vee \mu_{\tilde{B}}(x). \\ &= \max(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) \quad \forall x \in X.\end{aligned}$$



Şekil 2.3 Bulanık kümelerin birleşimi

Kesişim : $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ bulanık sayılarının kesişimi, bireysel üyelik fonksiyonlarının minimumu olarak tanımlanır. Kesişimden, “ve” ifadesi ile iki veya daha fazla alt kümede bulunan ortak öğelerin teşkil ettikleri küme anlaşılmaktadır. $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ ’nin kesişimi, $\tilde{A} \cap \tilde{B}$;

$$\begin{aligned}\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) &= \mu_{\tilde{A}}(x) \wedge \mu_{\tilde{B}}(x). \\ &= \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) \quad \forall x \in X.\end{aligned}$$



Şekil 2.4 Bulanık kümelerin kesişimi

Cebirsel Çarpım : $\tilde{A}.\tilde{B}$ ’ye, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ ’nin cebirsel çarpımı denir ve aşağıdaki üyelik fonksiyonu ile tanımlanmaktadır:

$$\mu_{\tilde{A} \cdot \tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot \mu_{\tilde{B}}(x) \quad \forall x \in X.$$

Cebirsel Toplam : $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ için cebirsel toplam $\tilde{A} \oplus \tilde{B}$ ile gösterilmekte ve aşağıdaki üyelik fonksiyonu ile tanımlanmaktadır:

$$\mu_{\tilde{A} \oplus \tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) - \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot \mu_{\tilde{B}}(x) \quad \forall x \in X.$$

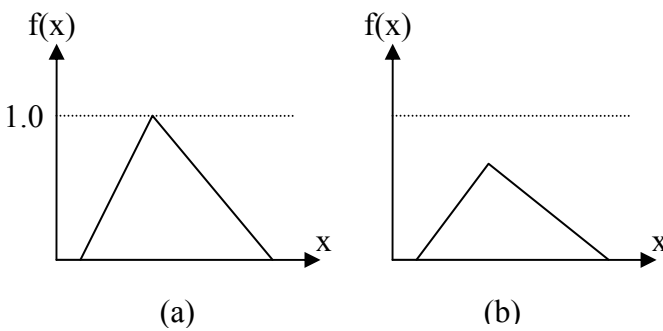
2.5.2. Bulanık sayılar

Bir *normal* ve *konveks bulanık küme* için, eğer bir α kesim-küme kapalı aralık ise, bu bir *bulanık sayı* olarak adlandırılmaktadır [26]. Aşağıda bu terimler açıklanmıştır.

Derecesi 1'e eşit bir üyelik fonksiyonuna sahip olan bir bulanık küme, *Normal Bulanık Küme* olarak adlandırılmaktadır. Diğer bir deyişle,

$$\tilde{A} \text{ normal olarak adlandırılır} \leftrightarrow \max \mu_{\tilde{A}}(x) = 1, \quad x \in X.$$

Şekil 2.5'de normal ve normal olmayan bulanık kümeler örnekler verilmiştir.



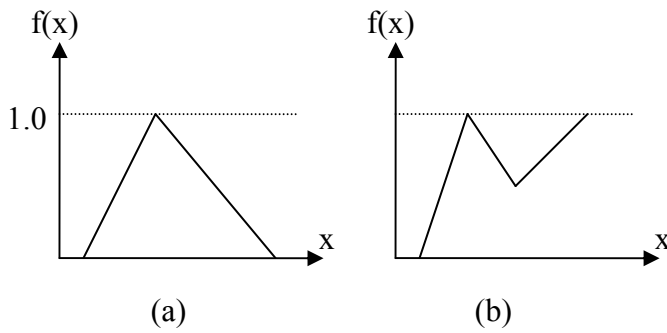
Şekil 2.5 Normal (a) ve normal olmayan (b) bulanık kümeler

Normal olmayan kümeleri normal hale dönüştürmek için, dış bükey olma şartı ile, kümenin her bir üyelik derecesinin, en büyük üyelik derecesine bölünmesi gerekli olmaktadır [23].

Destek kümesi bir gerç k sayı kümesi ve bütün $x \in [a, b]$ için, aşağıdaki durum herhangi bir $[a, b]$ aralığı üzerinde geçerli olduğunda $\tilde{A}$ bulanık kümesi *dış bükeydir* denilir [26].

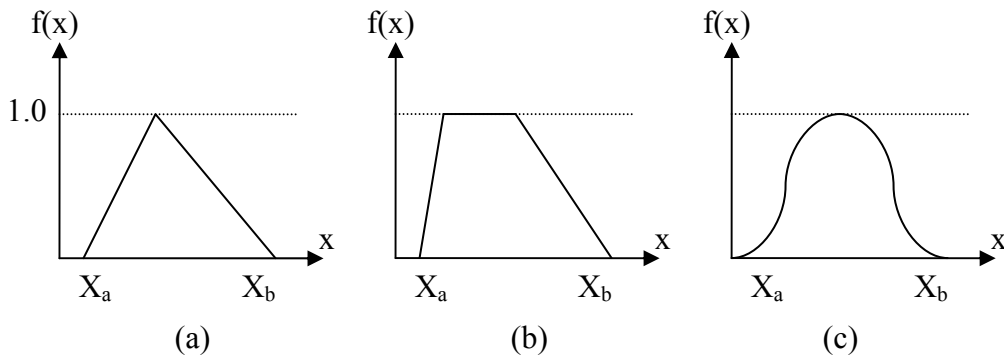
$$\mu_{\tilde{A}}(x) \geq \mu_{\tilde{A}}(a) \wedge \mu_{\tilde{A}}(b).$$

Dış b keylikle ilgili örnekler  ekil 2.6’da verilmiştir.



Şekil 2.6 Dış bükey (a) ve dış bükey olmayan (b) bulanık kümeler

Dış bükey bulanık kümelere ait üyelik fonksiyonları  ekil 2.7’de olduğu gibi üçgensel, yamuk,  an eğrisi gibi şekillerde olabilmektedir [23].

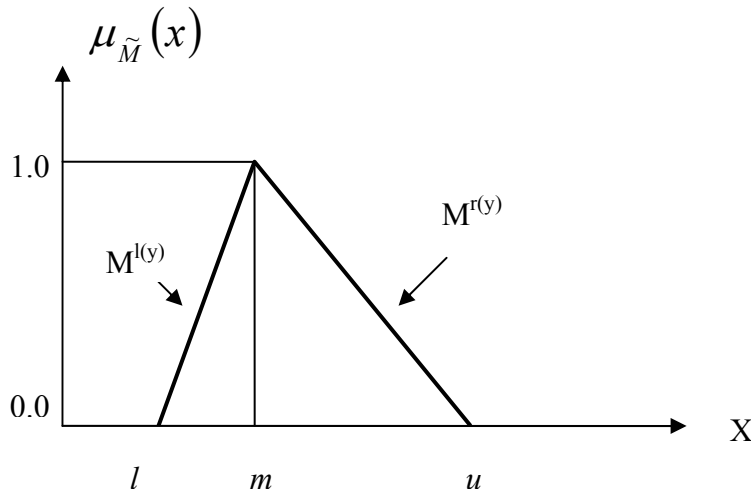


Şekil 2.7   gensel (a), yamuk (b) ve  an eğrisi (c)  yelik fonksiyonları

2.5.3. Üçgensel bulanık sayılar

Daha önce de belirtildiği gibi, bulanık sayılarda üyelik fonksiyonu bir çok farklı şekillerde olabilmektedir. Özel bir şeklin uygun olup olmayacağı, çalışılan uygulama alanı tarafından elde edilen verilerle belirlenir. *Fakat, birçok uygulama bu tür şekil değişikliklerine karşı çok fazla duyarlılık göstermezler.* Hesaplama açısından getirdiği kolaylıklar göz önüne alınarak istenilen şekilde üyelik fonksiyonunun seçilmesi, bulanık küme teorisinin esnekliğini yansıtmasında öne çıkan bir durumdur [26].

Bulanık sayı tipleri içinde en çok kullanılanlar üçgensel ve yamuk bulanık sayılardır. Bu çalışmada ise *basitliği* nedeniyle üçgensel bulanık sayılar üzerinde durulacaktır. Üçgensel bir bulanık sayı $\tilde{M}$, Şekil 2.8’de gösterilmektedir. Bir bulanık üçgensel sayı, $(l/m, m/u)$ veya (l,m,u) şeklinde gösterilir. l, m, u ifadeleri sırasıyla bulanık bir olayda en düşük olasılığı, net değeri ve en yüksek olasılığı ifade etmektedir.



Şekil 2.8 Üçgensel bulanık sayı, $\tilde{M}$

Bir bulanık sayı, sağ ve sol üyelik dereceleri ile her zaman için aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir.

$$\tilde{M} = (M^{l(y)}, M^{r(y)}) = (1 + (m - 1)y, u + (m - u)y), \quad y \in [0, 1]$$

Bir üçgensel bulanık sayının sağ ve sol üyelik derecesi değerlerine göre doğrusal gösterimi şu şekildedir.

$$\mu(x | \tilde{M}) = \begin{cases} 0 & x < l, \\ (x-l)/(m-l) & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m) & m \leq x \leq u, \\ 0 & x > u, \end{cases}$$

Belirtmek gerekir ki, birbiri ardına gelen bulanık alt kümelerle ait aralıkların arasındaki geçişler her zaman birbirinin devamı olmamakta ve Şekil 2.4'te görüldüğü gibi örtüşmeler söz konusu olmaktadır [23].

Çalışmada uzman görüşleri, *üçgensel bulanık sayılarla* ifade edilen dilsel terimlerle tanımlanmıştır. Örneğin tezgah yatırım projelerinin ikili karşılaştırmaları yapılırken, belirli bir kriter için projelerin önem dereceleri dilsel değişken olarak alınmıştır. Bu dilsel değişken için, önemli, daha önemli, eşit gibi ifadeler kullanılmıştır. Bu sözel ifadelerin karşılığında ise üçgensel bulanık sayılar tanımlanmıştır.

Üçgensel bulanık sayılarla farklı işlemler gerçekleştirilebilmektedir. İki üçgensel bulanık sayı olarak $\tilde{M}_1$ ve $\tilde{M}_2$, $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ şeklinde tanımlanmış olsun. Üçgensel sayılarla gerçekleştirilen işlemler aşağıda verilmiştir.

Toplama

$$\tilde{M}_1 (+) \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) (+) (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2).$$

Çıkarma

$$\tilde{M}_1 (-) \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) (-) (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2).$$

Çarpma

$$\tilde{M}_1 (\cdot) \tilde{M}_2 = (l_1, m_1, u_1) (\cdot) (l_2, m_2, u_2) = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2),$$

Bir reel sayı K ile çarpılırsa;

$$K (\cdot) \tilde{M}_1 = (K, K, K) (\cdot) (l_1, m_1, u_1) = (Kl_1, Km_1, Ku_1).$$

Tersi

$$(\tilde{M}_1)^{-1} = (l_1, m_1, u_1)^{-1} \approx (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1) \text{ ile belirlenmektedir [28].}$$

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde konuyla ilgili yapılmış çalışmalar özetlenmiştir. Öncelikle kamu yatırım projeleriyle ilgili deterministik AHP uygulamaları, daha sonra bulanık küme teorisi uygulamaları, genel bulanık AHP uygulamaları ve son olarak genel Chang'ın Mertebe Analiz Yöntemi uygulamaları incelenmiştir.

3.1. AHP Tekniği Kamu Yatırım Projeleri Değerlendirme Uygulamaları

Vaidya ve Kumar, 1996 yılında yapmış oldukları çalışmada genel AHP uygulamalarını özetlemişlerdir. Kamu sektörü AHP uygulamalarını, *değerlendirme, kaynak dağıtımı, planlama, önceliklendirme ve sıralama, karar verme, fayda/maliyet ve seçim* başlıkları altında toplamışlardır [29]. Bunun yanında Forman ve Selly [30]'nin çalışmalarında bahsettikleri kamu kuruluşları tarafından gerçekleştirilen AHP uygulamaları incelenmiştir. Bu iki kaynak [29, 30] verileri kapsamında konuyla ilgili literatür Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Kamu sektörü AHP uygulamaları

ALAN	REFERANS (Aşağıdaki referanslar [29] ve [30] nolu kaynaklardan derlenmiştir)
Değerlendirme	Cheng [1999], Poh [1999], Tekamura ve ark. [2003], Tavana [2003], Li ve ark. [2003], Daria Babaie-Azadi ve ark. [1993].
Kaynak Dağıtımı	Greenberg [1994], Peterson ve Schmoldt [1994], Jerald ve ark.[1995].
Planlama	Crary ve ark.[2002], Weistroffer ve ark. [1999], Carpenter ve Ebner [1993].
Önceliklendirme-Sıralama	Modarres [1999], Brenner [1994], Ridgley [1991], Suh ve ark. [1994].
Karar Verme	Hamalainen [1990].
Seçim	Raju ve ark. [1999], Saaty ve ark. [2001], Deschaine ve ark. [1998], Escudey [1995], Gabriel ve ark. [1993].

Peterson ve ark., Milli Parklar İdaresi mali kaynaklarının en uygun bir şekilde kullanılması amacıyla doğal kaynak envanter ve görüntüleme projeleri seçimi problemini çözmeye çalışmışlardır. Envanter ve görüntüleme programı amaçları ve karar kriterleri bir hiyerarşi ile organize edilmiştir. Bu çözümde, öncelikler AHP ile geliştirilmiş ve en iyi programı sunan proje seçimi için, bütçe ve personel kısıtları altında 0-1 Tamsayılı Programlama modeli oluşturulmuştur. Bu yaklaşım halen A.B.D'nin Pasifik Kuzey-Batı bölgesindeki milli parklarda kullanılmaktadır [31].

Deschaine ve ark., A.B.D. Enerji Dairesi tarafından Savannah nehri bölgesindeki 114 radyolojik mevki iyileştirme portföyünden en fazla gelecek vaat eden iyileştirme projesinin seçilmesi için, AHP tabanlı bir simülasyon modeli oluşturmuşlardır. Model, maliyet ve tasarruf gibi nicel kriterlerin yanında uygulamanın karmaşıklığı ve kurumsal önem gibi nitel kriterleri de içermektedir [32].

Daria Babaie-Azadi ve ark., Kanada Ontario'daki Scarborough Kamu Kuruluşları Komisyonu tarafından kullanılan proje ve programların değerlendirildiği Değer-Tabanlı Analiz modeli geliştirmişlerdir. Bu model geliştirme üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, söz konusu projelerin ekonomik uygulanabilirliğinin kontrol edildiği maliyet yeterlilik testi uygulanmıştır. Bu ilk maliyet-fayda çalışması, uygun olmayan projelerin baştan elenmesini ve karar vericilerin projeleri getiri oranına göre karşılaştırılmasını sağlamıştır. İkinci aşamada ise, firmanın hedeflerini ve amaçlarını aynı zamanda müşterilerinin değerlerini AHP kullanarak modele dahil eden değer-tabanlı değerlendirme testi uygulanmıştır. Son aşamada, önerilen projelerin getirilerinin maksimize edildiği 0-1 tamsayılı programlamanın kullanıldığı bir optimizasyon süreci yer almaktadır. Böyle bir değer-tabanlı analiz, yatırım planlama, ticari politika ve gelişim politikası kapsamında karar vericilere yardımcı olmak amacıyla, firmanın aynı zamanda müşterilerinin öncelikli amaçlarının, ilgilerinin ve ihtiyaçlarının değerlendirme içine alınmasını sağlamaktadır [30].

Escudey, daha önce bütçeye alınmamış ve Şili Hükümetine 1991 yılında önerilen 10 araştırma projesinin değerlendirilmesi amacıyla AHP kullanmıştır. İlk model, hükümet için önemli kriterlerin neler olabileceği konusu temel alınarak, projelerin

başarı olasılığına göre sıralanması için kullanılmıştır. İlk sıralamadan sonra, en üstteki projeler seçilmiş ve bu projelerin zayıf olduğu kriterlerdeki önerileri güçlendirmek için bir danışman atanmıştır. Üç proje seçilmiş ve Şili Hükümeti tarafından gerçekleştirilen dört aylık bir değerlendirme süreci sonucunda, üç proje için toplam 3 Milyon Dolar değerinde fon ayrılmıştır [30].

Carpenter ve Ebner, bütçesinin küçüldüğü, doğru planlamanın ve kaynakların doğru kullanımının gittikçe önem kazandığı askeri planlama süreci için, bir AHP seçim modeli geliştirmişlerdir. Modellerindeki temel kriterler, güncel ve gelecek görev ihtiyaçları, projenin büyüklüğü, maliyetler ve tasarruflarının zamanlamasına göre yatırımın getirisi ve topluma olan ekonomik etkisini ifade eden değer olmuştur [33].

Jerald ve ark.'de, çok yönlü deniz araştırmaları yürüten Kuzey Doğu Balıkçılık Araştırma Merkezi için, mevcut araştırma projelerinden uygun olanların desteklenmesi ve düşük önceliğe sahip projelerin ise sona erdirilmesi veya başka bir yöne kaydırılması amacıyla bir AHP modeli kullanılmıştır. Öncelikle, projeler önceliklendirilmiş ve sonra bu önceliklere göre bütçenin paylaşılması amacıyla optimizasyon modeli kurulmuştur. Bu teknik, kısıtlı bütçe şartlarında, merkezin amaçlarına uygun projelerin nitel değerlendirmelerinin nicel kaynak dağıtımı kararlarına dönüştürülmesini sağlamıştır [30] .

Brenner, Havacılık Ürünleri ve Kimyasalları firması için, önemli başarı konularında bir uzlaşma tahsis edilmesi ve açıklama getirilmesi, proje önerileri geliştirmek için bu faktörlerin kullanılması ve sınırlı kaynakların tamamlanan proje sayısının maksimize edilmesinde kullanılması amacıyla sistematik proje seçim süreci için AHP tabanlı bir model geliştirmiştir. Projeler, bu hiyerarşik yapıya göre değerlendirilmişlerdir. Projelerin güçlü veya zayıf olması her bir kriterden aldığı skorlara göre şekillenmektedir. Sonuçta, güçlü projeler için fon tahsis edilmiş, zayıf olanlardan vazgeçilmiş ve orta derecede zayıf olanların zayıf noktalarının güçlendirilmesi için çalışılmıştır [34].

Gabriel ve ark., ABD hükümetine önerilen 84 projenin çok amaçlı değerlendirildiği optimal proje seçimi için yeni bir formülasyon geliştirmişlerdir. Önerilen teknik, çok amaçlı optimizasyon ve proje sıralamasında kullanılan AHP için olasılıklı kriterleri de kapsamaktadır. Uygulanan teknik, proje seçiminde mevcut tekniklere göre daha verimli sonuçlar sağlamıştır. Seçilen projelerin AHP ile elde edilen sıralama toplamı, optimize edilecek hedeflerden bir tanesi olmuştur [30].

Ridgley, su temin projelerini teknik uzman görüşleriyle birden fazla kritere göre değerlendirmiştir. Kullanılan AHP modeli, doğasında değer yüklü ve politik olan önem derecelerini değerlendirebilme özelliğine sahiptir. Farklı seviyelerdeki kuraklık olasılıklarını, sürelerini ve bütün sistem hedefleri için etkilerini hesaba katmaktadır. Yaklaşım iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, farklı amaçlar ve kuraklık ve su ihtiyacına göre farklı senaryolar altında aday projelerin çekiciliğini ölçmek için AHP uygulanmış ve ikinci bölümde ise bu ölçümler en iyi proje grubunu belirlemek amacıyla optimizasyon modelinde kullanılmıştır [35].

Suh ve ark., Kore Telekomünikasyon Kurumu için projelerin önceliklendirilmesi, tahmin edilmesi ve kaynakların dağıtılması amacıyla AHP modelini kullanmıştır. Uygulama iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, bütün ilgili faktörler için altı seviyeli hiyerarşik model oluşturulmuştur. İkinci aşamada, kurumun ARGE ile ilgili bölümlerinden 40 kişi her bir seviye için değerlendirmeler yaparak bir öncelik matrisi elde etmişlerdir. Bütçe seviyesi seçime kadar model, teknolojiyi önceliklendirmiş, ihtiyaç duyulan bütçeyi tahmin etmiş, kaynak dağıtım endekslerini belirlemiş, toplam ARGE bütçesini tahmin etmiş, ARGE yatırım endeksini belirlemiş, ARGE bütçeye karar vermiş ve bütçeyi 10 çekirdek teknoloji arasında dağıtmıştır [36].

3.2. Bulanık Küme Teorisi Uygulamaları

Bulanık AHP tekniğinin temelini oluşturan Bulanık Küme Teorisi, potansiyel olarak geniş bir uygulama alanına sahiptir. Başlangıçta sadece teorik bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmış olan bulanık küme yaklaşımı, izleyen yıllarda pek çok farklı

alandan uygulama imkanı bulmuştur. Bu uygulama alanları arasında en belirgin olanları; bilgisayar bilimleri, kontrol (otomobil denetim sistemleri gibi mekanik kontrol sistemleri), meteoroloji, tıp, sosyal bilimler, psikoloji, yapay zeka ve uzman sistemler yanında yönetim bilimleri ve karar verme sayılabilmektedir [25]. Ayrıca Kahraman ve ark., bulanık küme teorisinin endüstri mühendisliği (EM) alanındaki 1972-2005 yılları arası uygulamalarını sınıflandırmışlardır [25]. Çizelge 3.2’de de görüldüğü gibi, bulanık küme teorisi, yoğun olarak karar verme uygulamalarında kullanılmaktadır.

Çizelge 3.2 Bulanık küme teorisinin EM uygulamaları sınıflandırması [25]

Araştırma Konusu	Makale Sayısı	Araştırma Konusu	Makale Sayısı
Yapay Zeka	50	Grup Karar Verme	8
Çok Kriterli Karar Verme	42	Bilgi Sistemleri	7
İstatistiksel Karar Verme	32	Üretim Yönetimi	6
İmalat	22	Üretim Sistemleri	6
Sınıflandırma	19	Proje Yönetimi	5
Optimizasyon	19	Teknoloji Yönetimi	4
Genel Modelleme	18	Kalite Yönetimi	3
Uzman Sistemler	15	Tahminleme	2
Karar Verme	14	Benzetim	2
Kontrol	13	Risk Değerlendirmesi	1
Ergonomi	12	Diğerleri	134
Doğrusal Programlama	12	Toplam	473
Matematiksel Programlama	10		
Mühendislik ekonomisi	9		
Karar Destek Sistemi	8		

3.3. Bulanık AHP Çalışmaları

Bulanık AHP konusunda ilk teorik çalışma, üçgensel bulanık ağırlıkları üçgensel bir bulanık karşılaştırma matrisinden elde etmek amacıyla bulanık logaritmik en küçük kareler tekniğini öneren Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından yapılmıştır [97].

Buckley, bulanık ağırlıkları hesaplamak için geometrik ortalama tekniğini kullanmış ve dörtgensel üyelik fonksiyonlarına sahip karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini belirlemiştir [98].

Chang, bulanık AHP'nin ikili karşılaştırma skalası için üçgensel bulanık sayıların kullanılması ve ikili karşılaştırmaların sentetik mertbe değerleri için mertbe analiz tekniğinin kullanılmasını içeren yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur [56].

Wang ve ark., modifiye edilmiş bir bulanık logaritmik en küçük kareler tekniği; Xu, bir bulanık en küçük kareler öncelik tekniği; Mikhailov, aynı zamanda bulanık karşılaştırma matrislerinden net ağırlıklar da elde edebilen bir bulanık tercih programlama tekniği kullanmışlardır [52, 99, 100].

Cheng, karar vermenin zorluğu ve doğruluğu problemine ilave olarak birçok verinin kaybolmasına ve daha fazla bulanıklığa neden olan çok sayıda bulanık aritmetik işlemler kullanmışlardır. Bu aritmetik işlemlerde, her bir sistemin her bir kritere göre tatmin dereceleri tamsayılarla sıralanmakta ve bu sıralama skorlarının toplamı sistemin tatmin derecesini üçgensel bulanık sayılarla ifade etmektedir. Uygulamada, nihai ağırlıkların hesaplanması amacıyla bulanık AHP tekniği ve entropi kavramları kullanılmıştır. Kolay ve etkin hesaplama için bütün algoritmaları hesaplayacak sistematik ve pratik bir program geliştirilmiştir [101].

Lee ve ark., AHP'nin temelindeki ana fikirlerle dayanarak, karşılaştırma aralığı kavramını ortaya koymakta ve global tutarlılığı sağlamak ve karşılaştırma sürecinin bulanıklığını göz önüne almak için stokastik optimizasyona dayalı bir metodoloji önermektedirler [102].

Leung ve Cao, bulanık AHP'deki alternatifler için tolerans sapmasını dikkate alan bir bulanık tutarlılık tanımı önermişlerdir. Tolerans sapmalarına izin veren göreceli önemlerin bulanık oranları, yerel önceliklerin üyelik derecelerinde kısıtlar olarak formüle edilmektedir. Bulanık yerel ve genel ağırlıklar genelleme prensibi ile belirlenmektedir. Alternatifler, maksimum-minimum sıralama tekniği uygulanarak genel ağırlıklara göre sıralanmaktadır [96].

Kuo ve ark., gri ilişki ve ikili karşılaştırma kavramlarını birleştirerek yeni bir bulanık AHP tekniği geliştirmişlerdir. Öncelikle, bulanık AHP bütün kriterlerin bulanık ağırlıklarını belirlemek için kullanılmaktadır. Sonra, üçgensel bulanık sayılar ile karakterize edilen dilsel terimler, öznel ve nesnel kriterlere göre bütün alternatif değerlerini belirtmek için kullanılmaktadır. Son olarak, farklı alternatiflerin bulanık değerlendirmelerinin toplamı, en iyi seçimin belirlenmesi amacıyla sıralanmaktadır [95].

Gu ve Zhu'nun çalışmalarında, bir bulanık simetri matrisi, rasgele değişkenlerin kovaryans tanımına başvurulması yoluyla, bulanık karar verme matrisini temel alan nitelik değerlendirme uzayı olarak yapılandırılmıştır. Bulanık AHP, böyle bulanık simetri matrisine ait yaklaşık bulanık özdeğer vektörünün kullanılması ile geliştirilmiştir. Bu algoritma, genel olarak karar bilgisinin dağılmış görünümünü yansıtmaktadır. Karar verme için daha fazla nesnellik ve çözüm gücüne sahiptir [103].

Çizelge 3.3'de teorik yapılarında farklılıklar bulunan bazı bulanık AHP tekniklerinin avantaj ve dezavantajları belirtilerek karşılaştırmaları yapılmıştır [62]. Mevcut bulanık AHP yaklaşımlarının bir çoğu, hantal hesaplamalar talep etmekte ve az sayıda alternatif ve kritere sahip problemlerin çözümünde kullanılabilmeleri nedeniyle gerçek hayatta kullanımları kısıtlı kalabilmektedir. Az sayıda kriter ve alternatif bulunduğu bu çalışmada, özellikle, diğer bulanık AHP yaklaşımlarına göre adımları nispeten daha kolay, eksik ikili karşılaştırma değerlendirmelerine izin veren, klasik AHP tekniğine en çok benzerliği olan ve literatürde daha çok uygulaması yer alan Chang [1996]'ın *Mertebe Analiz Tekniği* kullanılmıştır. Bu teknik, bir hedefin amaç doğrultusunda tatmin derecesini hesaba katmaktadır. Teknikteki mertebe, bulanık bir sayı ile sayısallaştırılmaktadır. Mertebe analizindeki her hedefe ait bulanık değerler ile bir sentetik derece değeri elde edilebilmektedir.

Zhu ve ark., Chang'ın yönteminin teorik altyapısını oluşturan teoremlerin ispatını yaparak, yöntemin formülasyonunu iyileştirmişlerdir [107]. Enea ve Piezza ise, bulanık sayı işlemlerindeki eşitlik kısıtı ile AHP'nin iki taraflılık kısıtı nedeniyle

Çizelge 3.3 Bulanık AHP tekniklerinin karşılaştırılması [62]

KAYNAK	ANA KARAKTERİSTİK	AVANTAJ/DEZAVANTAJLAR
Van Laarhoven ve Pedrycz [1983]	- Üçgensel bulanık sayılar içermektedir. - Lootsma'nın logaritmik en küçük kareler tekniği kullanılmıştır.	- Çoklu karar verici görüşleri matriste modellenilebilmektedir(A). - Doğrusal denklemlere her zaman çözüm bulunmayabilmektedir(D). - Küçük problemler için bile çok fazla hesaplama gerektirmektedir(D). - Sadece üçgensel bulanık sayılar için kullanılabilir(D).
Buckley [1985]	- Dörtgensel bulanık sayılar içermektedir. - Bulanık ağırlıklar ve performans skorları için geometrik ortalama kullanılmaktadır.	- Bulanık duruma genişletmek kolaydır(A). - Karşılaştırma matrisi için bir tek çözümü garantilemektedir(A). - Çok fazla hesaplama gerektirmektedir(D).
Boender ve Ark. [1980]	- Van Laarhoven ve Pedrycz tekniğinin modifiye edilmiş hali. - Yerel önceliklerin normalize edilmesi için daha sağlam bir yaklaşım sunmaktadır.	- Çoklu karar verici görüşleri modellenilebilmektedir(A). - Çok fazla hesaplama gerektirmektedir(D).
Chang [1996]	Sentetik derece değerleri.	- Hesaplama ihtiyacı nispeten azdır(A). - Klasik AHP safhalarını takip eder, ilave bir işlem gerektirmemektedir(A). - Sadece üçgensel bulanık sayılarla kullanılabilir(D). - Önem ağırlıklarına sıfır değerler atanması bazı kriterlerin göz ardı edilmesine ve karşılaştırma bilgilerinin kullanılamamasına neden olmaktadır(D)
Cheng [1996]	- Bulanık standartlar oluşturmaktadır. - Performans skorlarını üyelik fonksiyonları ile ifade etmektedir. - Nihai ağırlıkları hesaplamak için entropi kavramını kullanmaktadır.	- Hesaplama ihtiyacı çok fazla değildir(A). - Olasılık dağılımı bilindiğinde entropi kullanılmaktadır. Teknik hem olasılık hem de olabilirlik ölçütlerine dayanmaktadır (D).

sentetik mertebe değerin farklı bir formülle hesaplanmasını ve uzman görüşlerinin geometrik ortalama ile birleştirilmesini savunmuşlardır. Ayrıca bulanık sayıdan deterministik sayı elde edilmesi için olabilirlik teorisi yerine farklı bir yöntem ve farklı α - kesim değeri kullanılması durumlarında nihai ağırlıkları yeniden hesaplamışlardır [105]. Teknikle ilgili metodolojiye uygulama kısmında (6. bölüm) ayrıntılı bir şekilde yer verilmiştir.

Teorik çalışmaların yanında, 1996-2006 yılları arası yapılmış Bulanık AHP uygulamaları ise Çizelge 3.4'te özetlenmiş ve daha sonra bu çalışmalar kısaca açıklanmıştır.

Çizelge 3.4 Bulanık AHP uygulamaları

Referans	Problem
Stam ve ark. [1996]	Yapay zeka teknikleri tercih puanlamalarının belirlenmesi
Weck ve ark. [1997]	Üretim çevrim alternatiflerinin değerlendirilmesi
Cvetkovic ve ark. [1999]	Endüstriyel salonların akustik konfor optimizasyonu
Cheng ve ark. [1999]	Silah sistemlerinin değerlendirilmesi
Chan, Chan, ve Tang [2000]	Teknoloji seçimi
Chou ve Liang [2001]	Deniz taşımacılığı firmasının performans değerlendirmesi
Sohn ve ark.[2001]	Yakıt depolama süreci ile ilgili 6 projenin değerlendirilmesi
Altınöz [2001]	Tekstil sektöründe tedarikçi seçimi
Tsaur ve ark. [2002]	Hava yollarının servis kalitesinin değerlendirilmesi
Kuo ve ark. [2002]	Yeni mağaza yerleştirilmesi
Rong ve ark. [2003]	İşletme atıklarının değerlendirilmesi
Shamsuzzaman ve ark. [2003]	Esnek imalat sistemleri alternatiflerinin sıralanarak seçilmesi
Cheng ve ark. [2004]	Telekom şirketlerinin alt yapı sistemlerinin belirlenmesi
Kreng ve Wu [2005]	Bilgi giriş sistemi geliştirme araçlarının değerlendirilmesi
Feng, Chen ve Jiang [2005]	Tedarikçiler ve dış kaynaklı parçalar kombinasyonu seçimi
Haq ve Kannan [2006]	Tedarikçi seçimi
Hwang ve Hwang [2006]	Okul gıda hizmeti yap-yaptır kararında alternatif üretmek
Wang ve ark.[2006]	En uygun tezgah bakım stratejisinin belirlenmesi
Huang ve ark. [2006]	Hükümet destekli teknoloji geliştirme projelerinin seçimi
Kang ve ark.[2007]	Sipariş kabul etme stratejilerinin belirlenmesi

Stam ve ark., son zamanlarda geliştirilen yapay zeka tekniklerinin AHP tekniğinde tercih puanlamalarının belirlenmesi veya yaklaşık olarak elde edilmesinde nasıl kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Bunun sonucunda yazarlar, ileri besleme sinir ağları formülasyonun kesin olmayan veya bulanık oran skalalı tercih değerlendirmeli çok kriterli karar verme problemlerinin analizi için daha güçlü bir araç olduğu sonucuna varmışlardır [37].

Weck ve ark., bulanık matematiği klasik AHP'ye uygulayarak farklı üretim çevrim alternatiflerinin değerlendirilmesi için bir metot sunmuşlardır. Bu anlamda değerlendirilen herhangi bir üretim çevrimi bir bulanık kümeyi ortaya çıkarmaktadır. Bu analizin çıktısı, bulanık kümenin ağırlık merkezi yüzeyini oluşturarak durulaştırılmakta ve incelenen alternatif üretim çevrimi ana hedef kümesine göre sıralanmaktadır [38].

Cvetkovic ve ark., endüstriyel salonların akustik konfor optimizasyonu için bulanık AHP tekniğini kullanmışlardır. Belirlenen kriterler açısından alternatifler sözel olarak karşılaştırılarak bunların bulanık kümeleri tanımlanmış, akustik değerleri gösteren kriterlerin değerlendirilmesi ise normal AHP ile çözülmüştür. Daha sonra bunların çarpımlarıyla alternatifler arasından en iyi olanına ulaşılmıştır [39].

Cheng ve ark., dilsel değişken ağırlıklarına dayalı AHP tekniğini kullanarak, silah sistemlerinin değerlendirilmesi için yeni bir metot önermişlerdir [40]. Chan, Chan, ve Tang, bulanık ortamdaki somut ve somut olmayan faydaları sayısallaştıran bir teknoloji seçim algoritması sunmuşlardır. Hiyerarşik yapı analizi ve ekonomik değerlendirmeler ile bulanık küme teorisini birleştiren bir uygulama tanımlamışlardır [41].

Chou ve Liang, AHP tekniğini ve entropi kavramını kullanarak deniz taşımacılığı firmasının performans değerlendirmesi için bir bulanık çok kriterli karar verme modeli önermişlerdir. Modelde AHP, kriterlerin ve alt kriterlerin öznel ağırlıklarını bulmak için kullanılmakta ve daha sonra üçgensel ve yamuk bulanık sayılarla karakterize edilen dilsel değerler kullanılarak alternatiflerin çeşitli öznel ve nesnel

kriterlere göre değerlendirilmesi yapılmaktadır. Yamuk bulanık sayılar, finansal değerlendirme değerlerini, üçgensel bulanık sayılar ise öznel kriterleri temsil etmektedirler. Son olarak da en iyi seçimi yapmak için çeşitli gemi taşımacılığı yapan firmaların bulanık değerlendirmeleri sıralanmaktadır [42].

Sohn ve ark., karar verme sürecinde yetersiz kalan kamusal algılamının yol açtığı ana hataları çözecek bir metot önermişlerdir. Analitik Hiyerarşi Prosesi ve çok ölçütlü fayda analizi metodolojide kullanılmıştır. Belirsizliği gidermek için ise, bulanık küme teorisinden faydalanılmıştır. Metot, Kore’de kullanılmış yakıt depolama süreci ile ilgili 6 projenin değerlendirilmesinde kullanılmış ve beklenildiği gibi çalışmanın sonucunda kamusal risk algılaması nükleer ilişkili karar verme prosesinde önemli bir eleman olarak ortaya çıkmıştır [43].

Tsaur ve ark., hava yollarının, birçok ölçütün birleşimi olan servis kalitesinin değerlendirilmesi için AHP ve TOPSIS tekniklerini uygulamışlardır. Servis kalitesi birçok ölçütün bileşkesi olmasından ve de bunların çoğunun soyut ölçütler olmasından dolayı ölçülmesinin zor olduğu belirtilerek performans ölçümünde bulanık kümeler teorisi kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için AHP tekniği ve bunların sıralanması için de TOPSIS tekniği kullanılmıştır [24].

Kuo ve ark., yeni mağaza yerleştirmek için bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. İlk olarak, ilgili çalışmaların incelenmesi ve perakende sektörü uzmanlarının görüşleri doğrultusunda bulanık AHP’nin hiyerarşik yapısı formüle edilmiştir. Daha sonra resmi yayınlar ve güncel araştırmalardan toplanan veriler aracılığıyla ağırlıkların değerlendirileceği anket hazırlanmış ve son olarak faktörler ile mağaza performansı arasındaki ilişkiyi anlamak için bir sinir ağı algoritması kullanılmıştır. Sonuç olarak, önerilen sistemin regresyon modelinden daha doğru sonuçlar sağladığı görülmüştür [44].

Rong ve ark., işletme atıklarının değerlendirilmesi ve önemli israfların ortadan kaldırılması için AHP yöntemi ve bulanık küme teorisini kullanarak bir metot sunmuştur. Değerlendirme, kümeleme ve sıralama olmak üzere üç adımdan oluşan

modelde, ilk olarak zararlı atık kaynaklarının belirlenmesi ve her bir atık çeşidinin zararlılığını ölçmek için AHP'nin kullanıldığı bir atık değerlendirme endeksi elde edilmektedir. İkinci adımda, daha zararlı atıkların kümelenmesi için bulanık korelasyona dayalı bulanık kümeleme yapılarak önemli atık kaynakları özetlenmektedir. Son olarak da bulanık geniş kapsamlı değerlendirme kullanılarak ortadan kaldırılacak her bir çeşit önemli atık kaynağının önceliği sıralanmaktadır. Modelin geçerliliği bir saha çalışması ile ortaya koyulmaktadır [45].

Shamsuzzaman ve ark., esnek imalat sistemleri alternatiflerinin sıralanarak bunlardan en uygun olanının seçilmesi için bulanık AHP tekniğini kullanmaktadır. Bulanık kümeler, 14 tane seçim kriterinin dilsel değişkenler şeklinde belirtilmesinde kullanılmaktadır. Önerilen yapıda, AHP tekniği seçim kriterlerinin göreceli ağırlıklarını ve önemlerini belirlemek için kullanılmaktadır [46].

Cheng ve ark., telekom şirketlerinin metropollerdeki internet şebeke alanlarının yenilenmesi ve genişletilmesinde kullanacakları alt yapı sistemlerinin belirlenmesi ve geleceğe dair bunların planlanmasında bulanık AHP kullanmışlardır. Belirlenen kriterlerin uzmanlarca değerlendirilmesi klasik AHP ile yapılmış, alternatiflerin kriterler ile değerlendirilmesi dilsel ifadelerle değerlendirilmiş ve birleşik ağırlıklandırma gerçekleştirilmiştir [47].

Huang ve ark., Tayvan Endüstriyel Teknoloji Gelişim Programının teknik komite üyeleri tarafından yapılan hükümet destekli teknoloji geliştirme projelerinin seçimi için bulanık AHP kullanmışlardır. Teknik komite için en önemli değerlendirme kriterinin bilimsel ve teknolojik fayda olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Simülasyon yoluyla farklı risk ortamlarında değerlendirme kriter önemlerinin nasıl değiştiği gösterilmiştir [48] .

Kreng ve Wu, Tayvan Taş Endüstrisi Geliştirme Merkezinin sektördeki rekabeti artırmak amacıyla kullanacağı üç bilgi giriş sistemi geliştirme araçlarının beş uzman tarafından değerlendirilmesi amacıyla bulanık AHP'yi uygulamışlardır [49].

Kang ve ark., bir fabrikanın ürün, ekipman ve finans verimliliği yönüyle sipariş kabul etme stratejilerinin belirlenmesindeki belirsizlik ile uzmanların baş edebilmeleri için bulanık AHP tekniği ve entropi ağırlık kullanmışlardır [50].

Hwang ve Hwang, okul gıda hizmeti yap-yaptır kararında alternatif üretmek için beyin fırtınası ve değerlendirme için bulanık AHP tekniklerini kullanmışlardır. Hazırlanan bilgisayar programı ile kullanışlı hale getirilen tekniğin diğer kapsamlı karar problemlerinde kullanılabileceği değerlendirilmiştir [51].

Wang ve ark. çalışmasında, Bulanık AHP, büyük yatırımlar gerektirmeden hazır bulundurma ve güvenilirlik seviyelerini artırmak amacıyla farklı tezgahlar için en uygun bakım strateji karışımının değerlendirilmesinde kullanılmıştır [52].

Altınöz, genel ve özellikle tekstil sektöründe tedarikçi seçimi problemi üzerinde durmuştur. Seçim durumlarını analiz etmek için bir teknik geliştirilmiştir. Tekniğin test edilmesi amacıyla bir yazılım programı geliştirilmiş ve bir örnek üzerinde uygulanmıştır [53].

Feng, Chen ve Jiang, bulanık karar teorisi ve tedarik zinciri yönetimi karakteristikleri kullanılarak, aday tedarikçiler ve dış kaynaklı parçalar arasından en uygun kombinasyon seçimi için kapsamlı bir değerlendirme tekniği önerilmiştir. Önerilen modelin analiz sürecini göstermek için, büyük boyutlu tezgahlarda kullanılan önemli dört parça ve tedarikçileri ile ilgili olarak bir örnek sunulmuştur [54]. Haq ve Kannan, Güney Hindistan bölgesindeki bir firma için tedarikçi seçimi, AHP ve Bulanık AHP teknikleriyle değerlendirilmiş ve iki teknik karşılaştırılmıştır [55].

3.4. Chang Tekniği Uygulamaları

Bulanık AHP teknikleri içinde Chang [1996]'ın Mertebe Analiz Tekniği, kullanım kolaylığı ve işlem adımlarının deterministik AHP tekniğine yakınlığı nedeniyle yaygın olarak kullanılmıştır. Aşağıda literatürde karşılaşılan Chang tekniği uygulamaları Çizelge 3.5'te özetlenmiştir.

Kwong ve Bai, müşteri talepleri için önem ağırlıklarını tespit etmek amacıyla merteye analizi bulanık AHP tekniğini kullanmışlardır [57].

Kahraman ve ark., tesis yeri yerleşim problemlerinin çözümü için nitel ve nicel kriterler kullanarak 4 farklı bulanık çok kriterli grup karar verme yaklaşımını birbiriyle kıyaslamışlardır [58]. Bunun yanında, Kahraman ve ark., müşteri istek ve beklentileri doğrultusunda ve bunlara uzman görüşlerini de dahil ederek yaptıkları anket çalışması ile İstanbul'da faaliyet gösteren üç adet gıda firması arasında bir belirleme yapmışlardır [59]. Ayrıca, Bozdağ , Kahraman, ve Ruan, somut ve somut olmayan faktörleri hesaba katarak en iyi bilgisayar destekli imalat sistemini seçmek için bulanık AHP tekniğini kullanmışlardır [60].

Çizelge 3.5 Chang tekniği uygulamaları

Referans	Problem
Kwong ve Bai [2003]	Müşteri talepleri önem ağırlıklarının tespit edilmesi
Kahraman ve ark. [2003]	Tesis yeri yerleşim
Bozdağ , Kahraman ve Ruan [2003]	Bilgisayar destekli imalat sistemi seçimi
Kahraman ve ark. [2004]	Gıda firması seçimi
Büyüközkan [2004]	Market yeri seçimi
Büyüközkan ve ark. [2004]	Yazılım geliştirme stratejisinin seçimi
Tang ve Beynon [2005]	Otomobil çeşidinin seçimi
Güner [2005]	Tedarikçi seçimi
Erensal ve ark. [2006]	Rekabetçi avantajlar, öncelikler ile rekabetçilik arasındaki bağlantının belirlenmesi
Akman ve Alkan [2006]	Tedarikçi performanslarının değerlendirilmesi
Chan ve Kumar [2006]	Tedarikçi seçimi
Bozbura ve ark. [2007]	Kurumsal ve insan sermaye ölçüm göstergelerinin belirsizlik altında önceliklendirme kalitesinin geliştirilmesi

Büyüközkan, market yeri seçimi için etkin ve verimli bir model sunmaya çalışmıştır. AHP tekniğinin grup karar verme konusundaki etkinliğine katkı sağlamak amacıyla, AHP ile bulanık Delphi tekniği beraber olarak Kütahya'daki bir çini üreticisinde uygulanmıştır [61]. Ayrıca, Büyüközkan ve ark., yazılım geliştirme stratejisinin seçimi için bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı sunmuşlardır [62]. Bulanık nakit akışı ve bulanık AHP'yi kullanılarak, yazılım geliştirme projesi için alternatif stratejiler ekonomiklik ve kalite faktörlerine göre değerlendirilmekte ve içlerinden bir tanesi seçilmektedir. Model gerçek bir uygulama üzerinde gösterilmiştir.

Tang ve Beynon, bir araç kiralama firması için satın alınacak otomobil çeşidinin seçimi amacıyla problemin doğası gereği içerdiği belirsizliği karar sürecine dahil etmek amacıyla bulanık AHP kullanılmıştır [28]. Bozbura ve ark., Türkiye için, sırasıyla kurumsal ve insan sermaye ölçüm göstergelerinin belirsizlik altında önceliklendirme kalitesini geliştirmek amacıyla bulanık AHP kullanmışlardır [63, 64]. Akman ve Aklan, Kocaeli'de otomotiv yan sanayiinde faaliyet gösteren bir firmada tedarikçilerin performansının değerlendirilmesi problemini incelemişlerdir. Bu işletmenin üç tedarikçisinin performansı Bulanık AHP tekniği kullanılarak değerlendirilmiştir [65]. Chan ve Kumar, bir üretici firma için en iyi global tedarikçinin tespit edilmesinde, karar vericilerin karşılaştırma yargılarından nihai önceliklendirmelerinin elde edilmesi amacıyla mertbe analiz tekniği kullanılmıştır [66]. Güner, Denizli'deki bir mermer firması için tedarikçi değerlendirme ve seçim problemini ele almıştır. Firmanın ana ürünü olan traverten için tedarikçi seçiminde bulanık AHP kullanılmıştır [67]. Erensal ve ark., teknoloji yönetimi açısından rekabetçi avantajlar, rekabetçi öncelikler ve bir firmanın rekabetçiliği arasındaki bağlantının anlaşılması amacıyla bulanık AHP modeli oluşturmuşlardır. Teknoloji yönetiminde yer alan birçok yönetici grubunun görüşlerine yer verilmiş ve teknoloji yönetimi kavramının rekabetçilik için ürün ve süreç teknolojilerinin her ikisinden daha önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır [68].

4. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ TEKNİĞİ

Tezgah yatırım projeleri değerlendirme probleminde, değerlendirme kriterleri bu çalışmaya kadar tam anlamıyla sistematikleştirilmemiştir. Kamu sektörü karar verme problemlerinde olduğu gibi, değerlendirmelerin öznel olması problemiyle karşılaşmış ve nesnel/öznel kriterlerin bir arada yapılandırılması gerekmiştir. Bunun yanında, problemdeki kararlar, uzun hazırlık çalışmaları ama kısa görüş alışverişleriyle alınmaktadır. Değerlendirme kararlarına ulaşmak için, farklı birimlerde çalışan personel görüşlerinin birleştirilmesi gerekmektedir. Kurul üyelerinin bir çoğunun karar verme tekniklerine uzak olduğu görülmektedir. Ayrıca, atamalarla değişen personel kadrosuna nedeniyle, kamu kurumu prosedürleri ve bürokrasisi içinde kullanılacak tekniğin kullanım sürekliliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu kapsamda kullanılacak tekniğin kısa eğitimlerle sonraki kadrolara bırakılması önem arz etmektedir. Bütün bu durumlardan dolayı, proje değerlendirme problemi için, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tekniği ön plana çıkmaktadır.

Aşağıda özetle sıralanan nedenlerle bu çalışmada kullanılacak ÇNKV tekniği olarak AHP tekniği üzerinde durulmuştur:

- Karmaşık problemlerin modellenmesinde kolaylık sağlaması,
- Teorik altyapısının anlaşılmasındaki kolaylık,
- Kullanım kolaylığı,
- Probleme uygunluk,
- Grup karar verme sürecine uygunluk,
- Yaygın olarak kullanılması,
- Yazılım araçlarının çokluğu.

AHP tekniğinin ve yukarıda sıralanan özelliklerin daha iyi anlaşılması amacıyla, AHP'nin de içinde yer aldığı çok nitelikli karar verme teknikleri, AHP'nin adımları, avantajları ve sınırlamaları başlıkları altında detaylı bir şekilde incelenmiştir.

4.1. Çok Nitelikli Karar Verme Teknikleri

ÇNKV teknikleri, literatürde karar verici sayısı, tekniklerin karakteristikleri ve kullanım alanları gibi faktörlere göre çok farklı şekillerde sınıflandırılmıştır [15, 21, 72, 73, 74]. Yoon ve Hwang tarafından ise ÇNKV teknikleri için, bilginin özellikleri ve tipine göre kapsamlı bir sınıflandırma yapılmıştır [21]. Bu sınıflandırmaya göre, teknikler öncelikle bilgi tiplerine göre gruplandırılmıştır. Eğer hiç bilgi yoksa “Baskınlık” tekniği, eğer ortam hakkında iyimser veya kötümser bilgi verilirse, “Maximin” , “Maximax” gibi teknikler uygulanmaktadır. Kriterler hakkında bilgi verildiği durum için, gruplandırma genişletilmiştir.

Bu kapsamda, ÇNKV teknikleri temel olarak üçe ayrılmaktadır [21, 22] :

- Temel Teknikler (Leksikografik, Maksimaks, Maksimin).
- Çok Nitelikli Fayda Teorisi Teknikleri (Puanlama teknikleri, Basit çok nitelikli oranlama tekniği (SMART/BÇNOT), AHP).
- Sıralama Teknikleri (ELECTRE, PROMETHEE vb.).

AHP tekniğinin ÇNKV teknikleri arasında yerinin anlaşılması amacıyla bu üç grup kısaca açıklanmıştır.

4.1.1. Temel Teknikler

Temel teknikler, basit ve analiz gerçekleştirilirken hesaplama desteği gerektirmeyen tekniklerdir. Tek karar verici, az sayıda alternatif ve çoğu karar verme karakteristiğini yansıtmayan kriterlerden oluşan problemler için daha uygundur. Alternatiflerin değerlendirilmesi aşamasında, daha ileri değerlendirmelere gerek kalmadan elenebilecek alternatiflerin belirlenmesi ve alternatifler hakkındaki bilgilerimizin artırılması için kullanılabilirler. Fakat sadece bu teknikleri kullanarak nihai karar vermek doğru değildir [75]. Bu kapsamdaki teknikler arasında, Leksikografik, Maksimaks, Maksimin, Baskınlık, Yetinme gibi teknikler yer almaktadır.

4.1.2. Çok Nitelikli Fayda Teorisi Teknikleri

Keeney ve Raiffa tarafından geliştirilen Çok Nitelikli Fayda Teorisi, olası sonuçların birbirlerine karşı etkileşimlerinin hesaplanmasına imkan tanıyan bir metodolojidir [76]. Çok Nitelikli Fayda Teorisi, bir karar verme sürecine çoklu perspektifler ve değerlendirmeler getiren bir tekniktir. Birbiriyle çelişen nicel ve nitel kriterleri fayda/değer fonksiyonları yoluyla, ortak boyutsuz bir ölçeğe dönüştürmeye çalışır. Normalizasyon teknikleri ve pratik olarak (0,1) veya (0,100) aralıkları bu amaçla kullanılabilir. Karar vericinin rasyonel olduğu varsayılır; yani çok aza tercih edilir, tercihler değişmez, karar verici tam bilgiye sahiptir ve tercihler geçişlidir. Ayrıca, kriterler arasında, bir kriterdeki kazancın diğer kriterdeki kaybı telafi ettiği tam bir telafinin bulunduğu varsayılmaktadır [76].

Teknikte temel olarak, iki adet diğer kriterlere göre kriterin etkisinin ne kadar büyük (skor) olduğu ve kriterin ne kadar önemli (ağırlık) olduğu değerleri kullanılmıştır. Teknik, daha sonra birleşerek her bir puanın ağırlıklandırılmasını sağlayacak bireysel etkilerin puanlanması için bir sistem önerir. Birçok değeri yapılandırmış bir şekilde bir araya getirir. Teknik, sonuçların önemi ile ilgili öznel katılımcı yargılarını açığa çıkararak ve bunları karşılaştırma kullanmak amacıyla, bu farklılık ve benzerlikleri mantıklı bir bütün haline getirir. Böylelikle, karar verici tercihlerinin göz önüne alınması ile kriterler önemlerine göre ağırlıklandırılabilirler [19].

Bu kapsamdaki puanlama teknikleri, BÇNOT (SMART) ve AHP teknikleri kısaca tanıtılmış bunun yanında çalışmada kullanılan AHP daha detaylı bir şekilde 4.2- 4.4 bölümlerinde incelenmiştir.

Puanlama teknikleri : Puanlama tekniklerinin başlıca özelliği, karara ait bir analitik yaklaşımda parasal olmayan veya ekonomik yönden sayısallaştırılamayan unsurların göz önüne alınmasına imkan vermesidir. Puanlama teknikleri, ağırlıklandırılmamış 0-1 faktör tekniği, ağırlıklandırılmamış faktör puanlama tekniği, ağırlıklandırılmış

puanlama tekniği olarak başlıca üç sınıfa ayrılmaktadır [73]. Bu modellerden en gelişmiş olan ağırlıklandırılmış puanlama tekniği incelenmiştir.

Ağırlıklandırılmış puanlama tekniğinde, önemlerin gösterilmesi için her bir faktöre ağırlıklar verilerek, ağırlıklandırılmamış faktör puanlama modeli bir adım daha geliştirilmiştir. Her projenin puanı, her faktörün ağırlığı ile faktöre ait projenin puanı çarpılarak bulunan ağırlıklı puanların toplanmasıyla elde edilir.

$$P = w_1 \cdot a_1 + w_2 \cdot a_2 + \dots + w_m \cdot a_m$$

w_i = i'nci kriter için ağırlık,

a_i = i'nci kriter için verilen puan.

Kullanılan ağırlıkların belirlenmesi için, Sıralama, Puanlama, İkili Kıyaslama, Ardışık Sıralama, Delphi ve Öz Değer gibi teknikler kullanılmaktadır. Genellikle ağırlıklar normalize edilmektedir [17].

Basit çok nitelikli oranlama tekniği (BÇNOT) : BÇNOT, basit fayda ilişkilerini kullanan basitleştirilmiş bir çok nitelikli oranlama yaklaşımıdır. Alternatif A_j 'nin sıralama değeri x_j , aşağıdaki formülde olduğu gibi, basit olarak fayda değerlerinin ağırlıklı aritmetik ortalamaları ile elde edilmektedir.

$$x_j = \sum_{i=1}^m w_i a_{ij} / \sum_{i=1}^m w_i, \quad j = 1, \dots, n.$$

BÇNOT tekniği, verinin yeterince ayırım yapamadığı durumda (örneğin, belirli bir kriter için çok farklı olmayan alternatifler eşit sıralanıyorsa), daha az ölçek aralığı kullanılmasına izin vermektedir [77].

Analitik hiyerarşi prosesi (AHP) : Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Saaty tarafından 1976 yılında ortaya atılmıştır. Karar modelini oluşturan hiyerarşik yapıdaki tüm

kriterlerin ağırlıklandırılarak birbirleri ile karşılaştırılmaları ve oluşan bu ikili karşılaştırmaların çözümlenmesi esasına dayanan çok nitelikli bir karar verme tekniğidir. AHP, problem parametrelerinin basitleştirilmesi işlemini reddetmekte ve karmaşık durumlarla olduğu gibi ilgilenmenin en iyisi olacağı görüşüne dayanmaktadır [20]. AHP tekniği, sonraki (bölüm 4.2-4.4) bölümlerde detaylı olarak anlatılmıştır.

4.1.3. Sıralama Teknikleri

Sıralama teknikleri, karar vericinin tercihlerine dayalı olarak çeşitli alternatiflerin sıralanması için nitelikli karar verme durumlarında kullanılabilmektedirler. ELECTRE, PROMETHEE, ORESTE ve TOPSIS gibi teknikler bu aileye bağlıdır. Sıralama tekniklerinde, istenilen veri yani alternatifler, kriterler ve karar tablosu diğer teknikler ile aynıdır. Bir alternatifin veya alternatifler grubunun baskınlık derecesini göstermek için çok çeşitli matematiksel fonksiyonlar kullanılmaktadır. Model, herhangi iki alternatifin karşılaştırılmaz halde kalması durumunu ele almıştır. Örneğin, bir seçim problemi kapsamında, eğer a alternatifi b ve c alternatiflerinden daha iyiye b ve c arasındaki tercihleri analiz etmek önemsiz olmaktadır.

Uyumluluk ve uyumsuzluk kümesi olarak tanımlanan kavramlar kullanılmıştır. Bu yaklaşım, mevcut bilginin mümkün olduğunca yoğun olarak kullanılması avantajına sahiptir. Sürecin sonucu en iyi alternatifin veya tercih edilen alternatifler grubunun seçilmesidir. Alt küme içinde olmayan her bir alternatifin alt küme içindeki en az bir alternatif tarafından geride bırakılması yoluyla, bir alternatifler alt kümesi belirlenebilmektedir. Amaç, bu alt kümeyi mümkün olduğunca küçültmektir. Bu alternatifler alt kümesi, daha ileri hesaplamalar ve teknikler uygulanırsa uzlaşmış en iyi alternatifin bulunabileceği anlamına gelmektedir. En kötü kriter performansı diğer kriterler için halâ kabul edilebilir düzeyde (uyumsuzluk koşulu) iken; kriterlerin büyük bir bölümü için, A_i performans değeri en az A_j performans değeri kadar ise, alternatif A_i sıralamada A_j 'den önde gelir (uyum koşulu). Her bir alternatif çifti için,

hangi alternatifin diğerinden önde geldiği belirlendikten sonra, bu ikili sıralama değerlendirmeleri, kısmi veya tam bir sıralama olarak birleştirilir.

Performanslar arasındaki küçük farklılıkların önemini artırmak için, tercih ve farksızlık eşikleri kullanılmaktadır. Farksızlık eşiği, karar vericinin tercih yapamayacak kadar küçük farklılıkların bulunduğu durumlar için geçerlidir. Tercih eşiği üzerindeyken bir alternatif bir diğerine göre güçlü olarak tercih edilir. Diğer bir deyişle, tercih eşiği, iki alternatifi karşılaştırırken karar vermeyi etkileyen en küçük değerken, farksızlık eşiği, tercihsizlik için gerekli en büyük değerdir [75].

ELECTRE : Farklı alternatiflerin bütün mümkün çiftler arasındaki bağıntının sistematik analizine ve her bir alternatifin hesaplamadaki ortak kriterler kümesi üzerindeki puanlarına dayanmaktadır. Sonuç, bir alternatifin diğeri üzerindeki sıralama dışı bırakma derecesi olarak adlandırılan bir ölçüdür. Bütün alternatifler, verilen her kriter üzerinde puanlandırılır. Bu alternatiflerin bütün ilgili kriterlere göre elde edilen performans değerleri (skorlar) etki matrisi içinde toplanabilir. Etki matrisi, her bir alternatif için farklı kriter skorlarının bir gösterimidir. Etki matrisini oluşturmak için gerekli tek koşul, karar vericinin kesin bir tercih kriteri ortaya koyarak her bir kriter için elde edilen çıktıları sınıflandırabilir olmasıdır. Örneğin, daha yüksek bir skor düşüğe göre daha arzu edilen bir durumdur [81].

Seçim süreci, her kriter için verilen tercih skorlar kümesini gerektirmektedir. Buna ek olarak, kriterlerin her birine karar verici tarafından atanan ve göreceli tercih ağırlıklarını temsil eden bir ağırlık kümesi de yer almalıdır. Böylece her kritere bir ağırlık atanır. Bu önem ağırlıklarının atanması işlemi tekniğin normal kullanımının temelinde olan bir işlemdir.

ELECTRE, alternatifler arasında istenen sıralama bağıntısını elde etmek için her alternatife ait öncelik bağıntılarını bir araya getirir. Bu sentez bir uyumluluk ve uyumsuzluk indeksi ile elde edilir. Uyumluluk indeksi, bir alternatifin diğerine tercih edildiği durumda kriterlerin ağırlıklandırılmış göreceli sıklığını göstermektedir.

Uyumsuzluk indeksi, bir kriter diğerine tercih edildiği zaman en büyük anlaşmazlığı yaratan kriterlerin direncini gösterir. Bu uyumluluk ve uyumsuzluk indekslerine göre alternatiflerin sıralaması yapılır [73].

PROMETHEE : Bu teknik aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır [22]:

- Bir tercih fonksiyonu göz önüne alınarak her kritere göre genelleştirilmiş kriterler yapısı oluşturulur.
- Çok kriterli bir tercih indeksi, karar vericinin tercihlerini temsil eden bir sıralama bağıntısı elde etmek üzere tanımlanır.
- Probleme göre sıralama bağıntısının bir değerlendirmesi yapılır.

PROMETHEE tekniğinin başlangıç noktası karar tablosudur. a_{ij} skorlarının normalize edilmesine veya ortak bir ölçüsüz skalaya dönüştürülmesine gerek duyulmamaktadır. Basitleştirmek amacıyla, yüksek bir skor değeri daha iyi bir performans anlamına geldiği varsayılmaktadır. w_i kriter ağırlıklarının uygun teknikte bulunduğu ve ağırlıkların toplamının 1'e eşit olduğu varsayılmaktadır.

TOPSIS : Sıralama tekniklerinden bir tanesi olan TOPSIS tekniği, en iyi ve en kötü alternatifi belirleyip, buna göre ideal ve negatif ideal çözümü bulmayı sağlamaktadır. Bu teknik sayesinde homojen olmayan birimlerle ölçülen farklı kriterler aynı anda değerlendirilebilmektedir. Teknik basit fakat etkin olduğu için birçok karar verme probleminde kullanılmıştır.

ORESTE : ELECTRE tekniğinin değiştirilmiş şekli olan bu teknik, 1979 yılında önerilmiştir. *ORESTE*'nin birinci aşamasında alternatiflerin bir sıralaması oluşturulur ve ikinci aşamada bu sıralamanın bazı kısımları uyumsuzluk analizi ile geçersiz kılınır. *ORESTE*, kriter ağırlıklarının ve sayısal değerlerin kullanılmasını gerektirmemektedir.

4.2. AHP'nin Adımları

AHP, öğeleri arasında karmaşık ilişkiler içeren sistemlere ait karar problemlerinde; sistemi, alt sistemleriyle ilişkili hiyerarşik bir yapıyla oldukça basit halde ifade edip sezgisel ve mantıksal düşünceyle irdelemektedir. Karar problemini, alternatifler, amaçlar, kriterler ve yardımcı kriterler olarak en küçük ayrıntıya kadar ayrıştırmak suretiyle en ufak ayrıntının bile karar üzerindeki etkisi göz ardı etmemiş olur. AHP, kişileri nasıl karar vermeleri gerektiği konusunda bir teknik kullanmaya zorunlu kılmak yerine, onlara kendi karar verme mekanizmalarını tanıma olanağı sağlayıp, bu şekilde daha iyi kararlar vermelerini amaçlamaktadır [78].

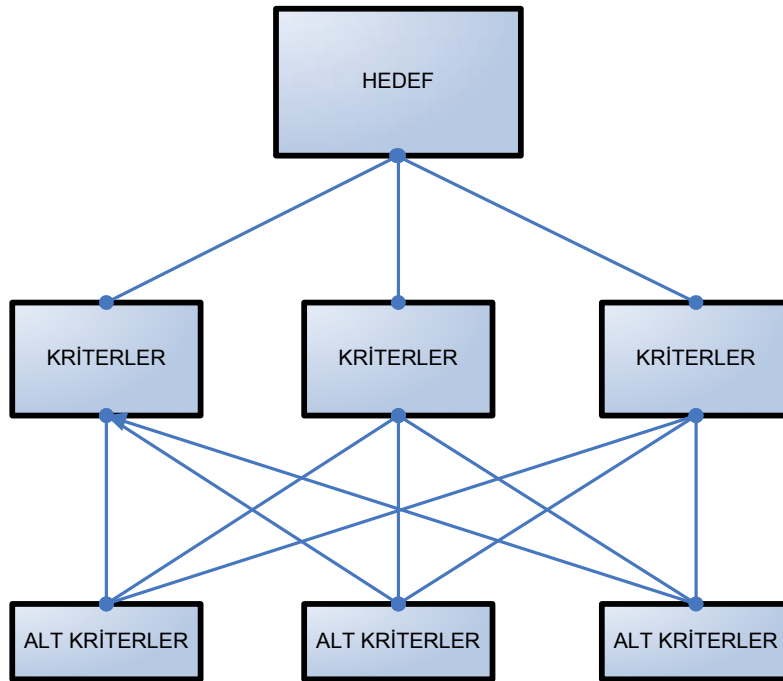
Teorik açıdan incelendiğinde AHP tekniği dört adet aksiyoma dayanmaktadır [79]. Birinci aksiyom karşılıklılık (iki taraflı olma) aksiyomuna göre, eğer $P_C(E_A, E_B)$, C kriterine göre A alternatifinin B alternatifinden kaç kat daha tercih edilir olduğunu ifade ediyorsa, $P_C(E_B, E_A) = 1/P_C(E_A, E_B)$ olması gerekmektedir.

İkinci olarak homojenlik aksiyomu, karşılaştırılan elemanların birbirinden çok farklı olmaması gerektiğini aksi durumda yargıda daha büyük hataların görüleceğini belirtmektedir. AHP'nin sözel ölçeği 1 ile 9 veya yaklaşık bir önem sırası aralığındadır. Bir önem sırası ile ulaşılan yargılar, genellikle doğruluğun azalmasına ve tutarsızlığın artmasına neden olmaktadır. Bu aksiyomu rahatlatmak amacıyla Expert Choice paket programında, sayısal ve grafiksel modları kullanılmaktadır.

Üçüncü aksiyomda, hiyerarşide yer alan elemanlar hakkındaki yargılar ve öncelikler alt seviyedeki elemanlara ve alternatiflere bağlı olmamaktadır. Bu ifade, üst kademe kriterlerin önceliklerinin yeni bir alternatif eklendiğinde veya çıkarıldığında değişmeyeceği anlamına gelmektedir. Bu aksiyom hiyerarşik sentezin uygulanabilmesi için gereklidir. İlk iki aksiyom gerçek hayatla tamamen örtüşmekte iken üçüncü aksiyom dikkatli bir araştırma gerektirmekte ve zaman zaman bu aksiyom sağlanamamaktadır. Eğer benzer bağımlılıklar söz konusu ise yani hiyerarşideki alt ve üst seviyeler arasında geri besleme varsa, AHP'nin üçüncü aksiyomu kullanılamamaktadır.

Dördüncü aksiyoma göre, karar vericiler, düşüncelerinin ve beklentilerinin çözümde tam olarak ifade edilmesinden emin olmaları gerekmektedir. Anlaşılır ve basit aksiyomlarının yanında AHP, tercih bilgilerinin elde edilmesi esnasında hiç hata yapılmadığı güçlü varsayımına ihtiyaç duymamaktadır. Gerçek hayatta her zaman görülebilen yargı hatalarını, belirli bir düzeye kadar normal kabul ettiği tutarsızlık oranı ile modele dahil etmektedir [80].

AHP tekniğinde kriterler, pratik olarak Şekil 4.1’de görüldüğü gibi ağaç yapısında sıralanmaktadır. AHP, bu ağacın en alt parçaları arasında ikili karşılaştırmalar ve daha sonra bir üst seviyedeki parçalar arasında karşılaştırmalar yapmaktadır.



Şekil 4.1 Analitik hiyerarşi yapısı

AHP kullanılarak alternatifler arasından bir seçim yapmak için beş aşamanın takip edilmesi gerekmektedir [82]. Bu aşamalar;

1. Seçim kriterlerinin genelden özele doğru hiyerarşik bir yapıda gösterilmesi,

2. Kriterler ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmalar yapılması,
3. Öznel yargıların tutarlılığının kontrol edilmesi,
4. İkili karşılaştırmalar sonucunda kriterlerin önceliklerinin ve alternatiflerin her kritere göre tercih derecelerinin belirlenmesi,
5. Kriter öncelikleri ve tercih derecelerinin sentezi sonucunda alternatiflerle ilgili sıralamanın belirlenmesidir.

Kriter ağırlıklarının hesaplanmasında olduğu gibi, AHP, her bir alternatifin her bir öznel kriter için karar tablosundaki performans değerini belirlemek amacıyla yapılan ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır. Cevaplandırılacak ikili karşılaştırma soruları, üzerinde durulan kriter ile ilgili alternatif çiftlerinin performanslarının göreceli önemini sorgulamaktadır. AHP metodolojisi, “ C_i kriteri C_j kriterine göre ne kadar önemlidir?” gibi ikili karşılaştırmaları temel almaktadır. Bu ve benzeri sorular kriter ağırlıklarının ve öznel kriterler için alternatiflerin performans değerlerinin belirlenmesi için kullanılmaktadır.

Öncelikle m tane kriterin ağaç yapısı içinde düzenlenmediği varsayılır. Her bir kriter çifti için, karar verici kriterler arası ilişkiyi sorgulayan karşılaştırma sorusunu yanıtlamak zorundadır. Verilen yanıtlar, aşağıdaki gibi kriterin bir diğerine göre tercih edilme derecesini gösteren 9 kademeli ölçeğe göre olmaktadır [83]:

- 1 : Eşit önem veya tercih.
- 3 : Orta önem veya tercih.
- 5 : Güçlü veya gerekli önem veya tercih.
- 7 : Çok güçlü veya kanıtlanmış önem veya tercih.
- 9 : Aşırı önem veya tercih.

Eğer yapılan değerlendirme, C_j kriterinin C_i kriterinden daha önemli olduğu yönünde ise, indeks değeri iki taraflı olarak atanır. c_{ij} , C_i kriterinin C_j kriterine göre karşılaştırılmasından elde edilen değer olarak tanımlandığında, karar vericinin yargılarında tutarlı olduğunun varsayılması ve her bir kriterin kendisiyle karşılaştırıldığında eşit olarak sıralanması sonucu, $c_{ij} = 1/c_{ji}$ ve $c_{ii} = 1$ olacaktır. Yani

m tane kriterin ikili değerlendirmenin yapılabilmesi için $m(m-1)/2$ adet karşılaştırma yapılması gerekmektedir. c_{ij} değerleri, $m \times m$ boyutlu ikili karşılaştırma matrisi C içine yerleştirilir.

Bir sonraki aşama, karşılaştırma matrisinde belirtilen değerler ile en çok tutarlı olan ağırlıklar kümesinin bulunmasıdır. Bir kriter çifti için yapılan iki taraflı değerlendirmenin tutarlı olması, çiftler arasındaki bütün i,j,k 'lar için $c_{ij} \cdot c_{kj} = c_{ik}$ gibi bir tutarlılığı garanti etmemektedir. Bu nedenle, sorun, ikili karşılaştırma matrisi C 'deki yargılarla en fazla uyuşan ve w_i/w_j elemanlarından oluşan $m \times m$ boyutlu W matrisi gibi ağırlık vektörleri araştırmaktır. İkili karşılaştırma yargılarının tutarlılığını ölçmek için Saaty tarafından önerilen bir tutarsızlık oranı kullanılmaktadır [20]. Tutarsızlık oranı, her ikili karşılaştırma matrisi için hesaplanmakta ve bu oranın 0.10'den küçük olması istenmektedir. Yargılar için hesaplanan tutarsızlık oranı 0.10'un altında ise yargıların yeterli bir tutarlılık sergilediği ve değerlendirmenin devam edebileceği kabul edilmektedir. Eğer yargıların tutarsızlık oranı 0.10'un üstünde ise yargılar tutarsız kabul edilmektedir. Bu durumda yargıların kalitesinin iyileştirilmesi gerekmektedir.

İkili karşılaştırma matrisleri geliştirildikten sonra, sentezleme aşamasına yani karşılaştırılan her elemanın önceliğinin hesaplanmasına geçilmektedir. Öncelik vektörlerinin kurulmasında lineer cebir tekniklerinden faydalanılmaktadır. Sentez aşaması, en büyük özdeğer ve bu özdeğere karşılık gelen özvektörün hesaplanmasını ve normalize edilmesini içermektedir. Bu amaçla kullanılan çeşitli yöntemler mevcuttur. Ancak literatürde en yaygın olarak kullanılan normalizasyon yönteminde her sütunun elemanları o sütunun toplamına bölünmektedir. Elde edilen değerlerin satır toplamı alınıp, bu toplam satırdaki eleman sayısına bölünmektedir [84].

AHP'nin son aşaması, karar probleminin çözümlenmesi aşamasıdır. Bu aşamada problemin ana hedefinin gerçekleştirilmesinde karar alternatiflerinin sıralaması olarak hizmet edecek bir karma öncelikler vektörü oluşturulur. Bu vektörü oluşturmak için her değişken için belirlenen öncelik vektörlerinin ağırlıklı ortalaması

alınır [85]. Elde edilen nihai öncelikler, karar alternatif puanları olarak da adlandırılabilirler ve karar vericinin alternatif tercihlerine ilişkin yargısal algılamalarının yoğunluğunu temsil etmektedirler.

4.3. AHP'nin Avantajları

AHP'nin birçok alanda yaygın olarak kullanılmasının altında bazı avantajlara sahip olması yatmaktadır. Genel olarak, *AHP, karmaşık problemlerin çözümünde etkili, anlaşılması ve kullanılması kolay ve grup kararında etkilidir.* Bu çalışmada karşılaşılan problem çok karmaşık olmasa da ilk defa yapılandırılması nedeniyle, ilk avantaj önem arz etmektedir. Bunun yanında, çalışma ile gerçekleştirilen uygulama pratikte uygulanabileceğinden ve uygulamayı gerçekleştirecek kamu personeli çok farklı ihtisaslardan olabileceğinden, yöntemin kolaylığı ve anlaşılabilirliği çalışmanın hayata geçirilmesi açısından önemlidir. Ayrıca genellikle kamu yatırım kararları belirli bir süreç sonucunda ve oluşturulmuş gruplar yoluyla alındığı için, grup kararında etkili olması AHP tekniğine avantaj kazandırmıştır.

Karmaşık problemlerin çözümünde etkinlik : Analitik Hiyerarşi Prosesi, birden çok kriter içeren karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan bir karar verme tekniğidir. AHP, karar vericilerin karmaşık problemleri, problemin ana hedef, kriterler, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine olanak vermektedir. AHP, sadece hiyerarşik yapının üst seviyeleri için nihai ağırlıklar önermekle kalmamakta, kapsamlı bir çok seviyeli değerlendirmeye izin vererek hiyerarşinin her seviyesinde belirli bir kritere ait etki ağırlıklarını da sağlamaktadır.

AHP'nin en önemli özelliği, karar vericinin hem objektif hem de öznel düşüncelerini (hem nitel hem de nicel bilgileri) karar sürecine dahil edebilmesidir. Bir diğer ifade ile AHP, bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir tekniktir. Karar vericilerin karar probleminin tanımı ve unsurlarına ilişkin anlayışlarını artırmaktadır. AHP, bireylere ve gruplara

düşüncelerini şekillendirecekleri ve kendi varsayımlarını yaparak ve bunlardan istenilen sonucu çıkartabilecekleri esnek bir model sunmaktadır [16].

Anlaşılma ve kullanılma kolaylığı : AHP, karar vericinin hedefe ilişkin tercihlerini doğru bir şekilde belirlemesine olanak veren uygulaması kolay bir karar verme metodolojisi sağlamaktadır. Bir teori, ne kadar basit ve az sayıda aksiyoma sahipse, o kadar genel ve kullanılır olmaktadır. AHP ise, daha önce bölüm 4.2’de belirtildiği gibi nispeten basit olarak değerlendirilebilecek aksiyomlara sahiptir [79].

Karar vericiler için, açık yargılardan çok karşılaştırmalı yargılara ulaşmak daha kolay olduğundan, kolay anlaşılabilirlik ve ikili karşılaştırma yaklaşımı AHP’nin en önemli avantajlarından biridir. AHP ile, karar vericilerin göreceli önem yargıları sözel, sayısal ve grafiksel olmak üzere üç yargı sorgulama modu ile elde edilebilmektedir. Karar vericiler, sözel cevaplar vermekte zorlandıkları zaman, yazılım programlarda olduğu gibi sayısal ve grafiksel yargı modları kullanıcıya yargıların oluşmasında kolaylık sağlamaktadır [30].

Ayrıca, AHP veri sentezleme faaliyetinin, Microsoft Excel programı üzerinden kolaylıkla yapılabilmesinin yanında; AHP’ye ait yazılım paketi Expert Choice, karar vericinin, hiyerarşik yapının oluşturulması, ikili karşılaştırma, sentezleme ve bir karar verme süreci için önemli bir yere sahip duyarlılık analizinin hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirmesine imkan vermektedir.

Grup kararında kullanılabilirlik : AHP, ikili karşılaştırma sürecinde birden çok kişinin yargılarının değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Farklı uzmanların yargılarının tek bir modele dahil edilip entegre edilmesi önem arz etmektedir. Çünkü özellikle kamusal karar verme problemlerinde genellikle kararlar, birden fazla uzmanın veya otoritenin ortak görüşüne göre alınmaktadır. Kurumlar arası fikir birliğinin sağlanması bazen çok zaman almakta veya bazen hiç sağlanamamaktadır. Bir grubun her üyesinin tüm kriterler için yargıda bulunacağı düşünülürse, bu yargıların bir uzlaşma sağlayacak şekilde birleştirilmesi gerekmektedir. Fikir birliğinin kurulması açısından; AHP ile, geçerli bir veri formatı ve mantıksal bir yargı sentezleme aracı

sağlanmakta, bireysel yargıların sonuçları hesaplamalar yoluyla kolay bir şekilde izlenmekte ve duruma göre hızlı bir şekilde tekrar gözden geçirilip değiştirilebilmektedir [86].

AHP grup karar verme süreci için uygun bir yaklaşım sunmakta ve grup kararlarında sentezleme mekanizması olarak birçok faydalar sağlamaktadır. AHP grup kararında kullanıldığında, bireysel ve ortak sayılabilir/sayılamaz değerler, grup karar sürecine dahil edebilmektedir. Alternatiflerden çok, amaçlar üzerine tartışmalara imkan veren kararın yapılandırılmasına yardımcı olmaktadır. Kararla ilgili bütün mevcut bilgi ele alınmaya ve organizasyonun belirtilmiş amaçlarına ulaştıracak en uygun alternatif tercihi konusunda fikir birliğine varılncaya kadar tartışmanın devam etmesine olanak sağlamaktadır. Diğer bir deyişle, bütün hususlar daldan dala atlamadan belirli bir sıra ile işlenmektedir [87].

4.4. AHP'nin Sınırlamaları

AHP tekniği, teorik ve uygulamaya yönelik olarak bazı eleştirilere konu olmaktadır. Teknik olarak AHP'nin seçilebilmesi için tekniği sınırlayan bu unsurların tezgah değerlendirme problemi açısından değerlendirilmesi gerekmektedir.

Sıralama değişimi : AHP için en fazla karşıt görüş bildirilen husus, ilk olarak Belton, Gear tarafından ortaya atılan *sıralama değişimi* kavramıdır [88]. AHP tekniğinin güvenilirlik ve geçerliliği konusunda önemli şüpheler uyandıran sıralama değişimi olgusu, AHP uygulamalarında dikkat edilmesi gereken bir konu olmuştur.

Bu kavram, kısaca, *herhangi bir karar alternatifi probleme eklendiğinde veya çıkarıldığında karar alternatifleri sıralamasının değişmesi durumu* olarak tanımlanabilmektedir. Sıralama değişimi, mevcut alternatifler değerlendirildikten sonra, mevcut alternatiflerden bir veya daha fazlası tarafından baskın olan alternatifin dahil olması veya değerlendirme dışı bırakılması ile sıralamanın değişmesi ile ortaya çıkmaktadır.

Sıralama değişimi konusu, yargıların göreceliliğinden kaynaklanmaktadır. Baskın bir alternatifin dahil edilmesi, kalan diğer alternatifler arasında önceki durumdan farklı tercih olasılıklarını sonuç vermektedir. Bu durum, diğer alternatifler herhangi bir alternatife göre değerlendirildiklerinden, her bir alternatifin birbirine bağlı olduğu karřılařtırılmalđ AHP ölçümünün kullanıldığı zamanlarda ortaya çıkmaktadır. Alternatif kümesinin değişmesi bütün alternatiflerin sıralamasını değiştirmektedir [89].

Birçok araştırımcı sıralama değişimlerinin arkasındaki nedenler ve bu değişimleri önlemek için neler yapılacağı konuları üzerinde gayret göstermişlerdir. Yapılan çalışmalar, sıralama değişimlerinin alternatiflerin birbirine çok yakın olduğu durumlarda ortaya çıktığını göstermiştir. Karar probleminde AHP kullanılırken yakın alternatiflerin değerlendirmeye alınması durumunda karşılaşılan sıralama değişimleri üzerinde durulmuştur. Diğer bir deyişle, eğer alternatifler birbirinden çok farklı iseler, değişimlerin görölme ihtimali düşmektedir [90]. Saaty, sıralama değişimlerinin alternatiflerin kopyalarının dahil edilmesiyle olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle karar vericilerin benzer ve birbirinin aynı alternatifleri dahil etmemeleri konusunda uyarmıştır [78]. Belton ve Gear, eşdeğer alternatiflerin modele eklenmesi sonucu oluşan sıralama değişimlerini engellemek amacıyla revize AHP'yi geliştirmişlerdir [88].

Bu çalışmada , HİBM'lerin on yıllık periyot (2007-2016) için resmi yazışmalarla üst makamlardan talep ettikleri tezgah listelerinde değerlendirme süreci boyunca bir değişiklik olmayacağı varsayılmaktadır. Gerçek hayatta doğal olarak, üst makamlara resmi kanallarla bildirilen ihtiyaçlardan bazılarından vazgeçilebilmektedir. Ancak bu değişiklikler değerlendirme süreci öncesinde gerçekteşmektedir. Bunun yanında, ihtiyaç güncellemeleri, daha önceki dönemden karşılanmayan ve tekrar önerilen talepleri ve yeni oluşan talepleri kapsayacak şekilde ancak iki yılda bir yapılmaktadır. İki yıl sonunda yeni on yıllık periyot için yeni tedarik proje kümesi oluşmaktadır.

Tutarsızlık : Nihai kararın kalitesi bakımından önemli bir konu, ikili karşılaştırma süreci esnasında karar verici tarafından formüle edilen yargıların tutarsızlığıdır. Tutarlı olmak rasyonel düşünüşün bir ön koşulu olarak kabul edilmektedir. Ancak uygulamada tam anlamıyla tutarlı olmak neredeyse imkansızdır. Tutarsızlığa sebep olan unsurları şu şekilde sıralanmaktadır [30]:

Veri Girişindeki Hatalar: En çok karşılaşılan tutarsızlık sebebi olarak, bilgisayara yargılarla ilgili yanlış değer ve tam tersi bilginin girilmesi sayılabilir.

Bilgi Eksikliği: Karşılaştırılan alternatifler ile ilgili az bilgi mevcut veya hiç mevcut değilse, yargılar rasgele ve yüksek tutarsızlığa sahip olacaktır. *Bu çalışmada tutarsızlığa en çok neden olan faktör bilgi eksikliğidir.*

Yoğunlaşma Eksikliği: Yoğunlaşma eksikliği, genellikle yargıda bulunan karar vericilerin yorgunluğu veya karar üzerine yeterli ilgiyi göstermemelerinden ileri gelmektedir.

Uygun Olmayan Model Yapısı: Pratik unsurlar, karmaşık karar verme probleminin ideal olarak hiyerarşik yapılandırılmasını engellemektedir.

Bunun yanında, ikili karşılaştırmalarda *geçişlilik* özelliğinin bulunmaması tutarsızlık kavramı içinde değerlendirilebilmektedir. Alternatif j alternatif k'ya, alternatif k da alternatif l'ye tercih edilir durumda iken, alternatif l alternatif j'ye tercih edilir olabilmektedir. Geleneksel karar verme kuramına göre, *geçişlilik* özelliğinin bulunmaması, yargılardaki bir tutarsızlığı temsil etmektedir.

Bu eleştiriye karşılık, deneysel kanıtlar, *geçişliliğin* sağlanmasının gerekli olmadığını göstermiştir [79]. Rosenbaum, *geçişlilik* kuralının bozulmasının mantık dışı olmadığını, Lootsma ise *geçişsizliklerin* bütün insanlar için temelde var olduğunu söylemişlerdir [91, 92]. Çok kriterli veya nitelikli karar verme problemleri için, *geçişsizliğe* sahip olmamak çoğunlukla imkansızdır. Karar verici, doğru *geçişliliğe* ulaşmak için problemin karmaşıklığını basitleştiremeyebilir. Fishburn'a göre, yakın

zamanda yapılan çalışmalar, geleneksel karar verme mantığında önemli bir yere sahip olmuş geçişlilik özelliğini sorgulayacak niteliktedir [93]. Birçoğu çok kriterli ikili karşılaştırmalara dayanan birçok deney ve örnek, rasyonel insanların bazen geçişlilik kuralını bozduklarını ve bunu yaparak gayet iyi neticeler elde ettiklerini göstermiştir. Bu nedenle, AHP geçişsiz ilişkileri reddetmek yerine, bir tutarsızlık ölçümü kullanarak geçişsizliği kabul etmiştir.

AHP ise mükemmel bir tutarlılık talep etmemektedir. Tutarsızlığa izin vermekte ancak her bir yargılamada tutarsızlığın ölçümünü sağlamaktadır. İkili karşılaştırma yargılarının tutarlılığını ölçmek için Saaty tarafından önerilen bir tutarsızlık oranı kullanılmaktadır [20]. Saaty'nin tutarsızlık oranı, ikili karşılaşma matrisindeki yargıların tamamen tutarlı ve tamamen rasgele olduğu uç değerler arasında bir ölçüm vermektedir. Tutarsızlık oranı her bir ikili karşılaştırma matrisi için hesaplanmaktadır.

Düşük tutarsızlık oranının karar verme süreci için amaç olmaması önem arz etmektedir. Karar verme sürecinde amaç tutarsızlık oranını azaltmak değil iyi kararlar vermektir. İyi kararlar genellikle tutarlı yargılara dayanmaktadır ancak tersi her zaman doğru değildir. Ancak eğer tutarsızlık oranı kabul edilebilir bir şekilde 0.1'den fazla ise, bazı şeylerin yanlış olduğu söylenebilir ve yargılar tekrar gözden geçirilebilir. Yargıların yeniden gözden geçirilmesi işleminde başarısız olunursa, problemin daha doğru bir biçimde tekrar kurulması ve sürecin en baştan ele alınması gerekmektedir [84].

Özet olarak, bu çalışmadaki alternatiflerin her bir değerlendirme yılı için değişmemesi, değerlendirmenin her yıl için ayrı yapılması, geçişlilik ve tutarsızlığın çok kriterli/nitelikli problemler için kabul edilebilir olması, AHP'nin tutarsızlığı belirli bir oranda çözüme dahil etmesi ve düşük tutarsızlık oranının karar verme süreci için amaç olarak değerlendirilmemesi gerektiği, sözel ifadelerden kaynaklanan belirsizlik için Bulanık AHP'nin kullanılmış olması nedenleriyle; AHP'ye yöneltilen sıralama değişimleri, geçişlilik ve tutarsızlık üzerine yapılan eleştiriler, tekniğin problemimizde kullanılması için bir engel teşkil etmemektedir.

4.5. Bulanık AHP

AHP'nin sahip olduğu avantajlar ve sınırlamalar değerlendirildiğinde AHP tekniği bu çalışma için tercih edilmiştir. Ancak çalışmanın bu safhasında problem için AHP'nin hangi çeşidinin uygun olacağının tespit edilmesi gerekmektedir. Çünkü farklı kısıtlar ve şartlar altında, farklı AHP versiyonları kullanılmaktadır. Bu çalışma için problemin yapısından dolayı Bulanık AHP tekniğinin kullanılması uygun değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada ikili karşılaştırma yargıları sözel olarak ifade edilmiştir. Örneğin tezgahlar arasındaki değerlendirmeler “Harekata katkı kriteri için Tezgah1, Tezgah2'ye göre çok daha önemlidir. ” şeklinde yapılmaktadır. Bu tür ikili karşılaştırma yargılarındaki sözel *belirsizliği* daha iyi ifade etmek amacıyla Bulanık AHP tekniği kullanılmıştır. Bu aşamada Bulanık AHP (BAHP) tekniğinin özellikleri detaylandırılmıştır.

Modelleme sürecinin öznel doğası, yöntemin kesinlikle doğru kararları garanti edemeyeceği anlamına gelmektedir. Tercihler belirlenirken sözel ifadelerin kullanılması birçok riski içermektedir. Kelimeler genel duruma çok fazla bağımlıdırlar. Diğer bir deyişle, alternatifler ve karşılaştırılan kriterler kümesine bağlı olarak, bir kelimenin sayısal karşılığı, karar verme probleminden bir başka probleme değişmektedir. Aynı zamanda, kişiler arasında da farklılıklar bulunmaktadır. Genellikle karar vericiler, sözel ifade ile sayılar arasındaki ilişkiyi anlamakta başarısız olmaktadır [94].

Bulanık ilişki ve ikili karşılaştırma kavramlarının birleştirilmesiyle *Bulanık AHP* ortaya çıkmıştır. Bulanık dilsel yaklaşım, karar vericilerin iyimser/kötümser tavırlarını hesaba katabildiğinden, geleneksel AHP tekniği yerine önerilmektedir. İkili karşılaştırmalarda rasgele değerlerin seçilmesini isteyen Deterministik AHP yeterli olmayabilmekte ve belirsizlik ikili karşılaştırma değerlerinin bazılarında veya tamamında kabul edilmek zorunda kalınmaktadır. BAHP tekniğinde, bütün alternatiflerin öznel ve nesnel kriterlere göre değerlendirme değerlerini göstermek

amacıyla, genellikle bulanık sayılar ile karakterize edilen sözlü ifadeler kullanılmaktadır. Net olmayan nicel kriter değerlerinin net olmayan değerlendirmeleri, yine bu bulanık sayılar ile ifade edilebilmektedirler [95].

Bulanık AHP, AHP’de olduğu gibi, tercih oranlarından daha sonra birleşerek global öncelikleri oluşturacak yerel önceliklerin elde edilmesine dayanmaktadır [96]. Bulanık aritmetiğin kullanılması ile teknik, her bir kriter için elde edilen skorları birleştirmek için kullanılan bir ağırlık vektörleri serisi hesaplamaktadır. Teknik, buna uygun bir skorlar kümesini hesaplamakta ve bu bulanık skorların ortalaması olan bir adet bütünleşik skor elde etmektedir [59].

BAHP’nin en önemli avantajı, çoklu kriterleri ele alırken getirdiği kolaylıktır. Deterministik tercihleri oluşturmak karar verici için daha zor olduğundan, bunların yerine algı-tabanlı yargı aralıkları kullanılabilir. Buna ilave olarak, AHP’deki tercihler, mecburen karar vericilerin algıya dayanan yargıları olmak durumundadırlar. Bu durumda bulanık yaklaşım daha doğru bir karar verme süreci tanımlayabilmektedir [95]. Bulanık ikili karşılaştırmalar, karar vericinin belirsiz yargılarını daha rasyonel ifade etmektedir. Kararların oluşması için yaklaşık bilgi ve belirliliği kullanmasıyla insan düşüncesini daha iyi yansıtan bulanık küme teorisi, belirsiz değerlendirmeler altında dilsel değişkenlerin bulanık sayılara dönüştürülmesi için kullanılmaktadır [48].

5. PROBLEM TANIMI

5.1. Yatırım Projeleri Değerlendirme

Yatırım kavramı, gelecekteki devre yeterli nakit akışı veya yarar sağlama ümidiyle mevcut kaynakların mevcut projeye tahsis edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Projeden amaç, “mevcut mal ve hizmetlerin üretimini artırmak için, olanak sağlama artırma veya geliştirmeye yönelik, proje sahibinin belirli bir zaman süresi içindeki önerisi”dir [69].

İşletmelerde sermaye yatırımları çeşitli amaçlarla yapılmaktadır. Bu amaçları göz önünde tutmak yoluyla yatırımları çeşitli gruplara ayırmak mümkündür. İşletme açısından yatırımlar; eskiyen veya işe yaramayan tesisleri değiştirmek için yapılan yatırımlar, üretimi artıran yatırımlar, ürün çeşitlerini ve yeni ürünlerin üretimini sağlayan yatırımlar, üretilmekte olan ürünleri geliştiren yatırımlar, çalışma tekniklerini geliştiren yatırımlar, maliyeti azaltan yatırımlar, işin riskini azaltan yatırımlar, işçilerin yaşam düzeyini artıran yatırımlar sınıflandırılmaktadır [69].

Bu çalışmada üzerinde durulan tezgah yatırımları yukarıda belirtilen sınıfların bir çoğunun kapsamına girmekte ve bazen bir tezgah yatırımı birden fazla sınıfı içerebilmektedir. Örneğin tezgah yatırımları, tezgahın ekonomik ömrünü doldurmuş olması ile kullanılamaz halde olmasından dolayı üretim hattı akışını bozmamak ve üretim sürekliliğini sağlamak; ihtiyacın artması nedeniyle kapasiteyi artırmak; gerçekleşme süresini kısaltmak ve üretim hızını artırmak; tezgah hassasiyet derecesini ve ürün kalitesini artırmak; yeni kabiliyet kazanmak için altyapı hazırlamak; emniyeti, işçi sağlığı ve güvenliğini sağlamak; ani talep isteklerine karşılık esnekliği sağlamak gibi gerekçelerle talep edilebilmektedir. Bu talepler, birer tedarik projesi olarak ele alınmakta ve hangi projelerin bütçe programına dahil edileceğinin belirlenmesi amacıyla bir kurul tarafından değerlendirilmektedir.

Bir yatırım projesinin uygulamaya elverişli olup olmadığını, eksik, yetersiz veya hatalı noktalarının bulunup bulunmadığını, ekonomik ve fiziksel ömrü içinde

kendisini ödeyip ödeyemeyeceğini veya kârlılık oranını saptamak için yapılan çalışmalara *yatırım projesinin değerlendirilmesi* denir.

Yatırım projesinin değerlendirilmesi, projenin teknik, mali ve ekonomik yönlerinin tutarlılığının ve sağlamlığının saptanması amacıyla yapılan çalışmaları kapsamaktadır. Proje yönetimi ve yatırım seçiminde, karar verme süreci ile benzer karakteristiklere sahiptir. Mali ve mali olmayan faktörler, nitel ve nicel faktörler, her bir alternatifin performans değerlendirmesindeki ve her bir kriterin öneminin belirlenmesindeki belirsizlik ortak olarak karşılaşılmaktadır.

Yatırım projelerinin değerlendirilmesi, proje ile kıt kaynakların kullanımı söz konusu olması açısından, kullanılacak kaynaklarla sağlanacak getirilerin karşılaştırılarak kullanımlara göre yeteri yarar sağlanıp sağlanamayacağının araştırılması, bu kaynakların başka kullanım yerinde daha fazla yarar sağlama olanağının incelenmesi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu inceleme sonucunda projenin çekiciliği belirlenmeye çalışılmaktadır [69].

Yatırım projeleri çeşitli kişi ve kuruluşlar tarafından değişik amaçlarla değerlendirilebilirler. Projenin oluşturulacağı işletme ile ilişkili çok sayıdaki kişi ve kurumların değerlendirmeden bekledikleri yarar ve amaçlar farklılık gösterecektir. Örneğin, projenin sahibi olan kuruluş kendi kontrol ve karar organlarını tatmin etmek amacıyla değerlendirme yapabilir.

Bu çalışmada ise, yurt içi veya yurt dışından tedarik edilmeleri amacıyla kaynak tahsisi yapan birimlere teklif edilen tezgah yatırım projelerinin tutarlılıkları ve sağlamlıkları, projenin *potansiyel katkısı, ekonomikliği, riski ve teknolojisi* yönlerinden tezgahların ikili karşılaştırmaları yoluyla değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, gerçek hayatta farklı hiyerarşik kamu kurum ve kuruluşlarında görev yapan uzmanlardan oluşan tezgah değerlendirme kurulları yoluyla yapılmaktadır. Bu nedenle kamu sektöründe proje değerlendirmenin sahip olduğu özellikler incelenmiştir.

5.2. Kamu Sektöründe Proje Değerlendirme

Sosyal, çevresel, yapısal ve politik gibi elle tutulamayan faktörlerin göz önüne alındığı ve kısıtlı bütçenin en iyi şekilde kullanılmasının zorunlu olduğu kamu sektöründe proje seçimi, kaynak aktarımı ve ihtiyaçların önceliklendirilmesi ile önemli bir problem olarak karşılaşılmaktadır. Kısıtlı bütçe altında, hangi projeler için ne kadar fon ayrılacağı sorusu, kamu yöneticilerinin önüne öncelikli ve en önemli sorun olarak çıkmaktadır. Potansiyel projelerin değerlendirilmesi için birçok geçerli ölçüt ile karşılaşılabilmektedir. Bazı durumlarda maliyetlerin düşürülmesi önemliyken, bazen projenin başarı riski önemli hale gelebilmektedir. Kısıtlı bütçeye ilave olarak birçok kriterin değerlendirilme gereksinimi, problemin daha karmaşık hale gelmesine neden olmaktadır [70].

Kamu sektörü projeleri için ana sorunlardan bir tanesi de seçim sürecinde yatmaktadır. Karar verme sorumluluğunda olan yöneticiler, teklif edilen birçok ihtiyaç arasından hangilerinin gerçek ihtiyaç olduğu tespit etmek veya olacağını tahmin etmek zorundadırlar. Karar süreci, genel itibarıyla, proje seçiminin getireceği fayda ve zararlardan doğrudan etkilenmeyecek olan daha üst düzeyde gerçekleştirilmektedir.

Genellikle projelerin organizasyona katkısı bütün organizasyon tarafından paylaşılmayabilmektedir. Bu nedenle bir değerlendirme süreci, bazen teknik ve rasyonel yaklaşımı bir tarafa bırakıp politik görüşü yansıtabilmektedir. Başka bir deyişle proje seçimi projelerin faydalarından çok, amaçları birbiriyle çelişen farklı grupların politik faaliyetlerine bağlı olabilmektedir. Kâr amaçlı olmayan kuruluşlarda, bu seçim süreci daha karmaşık ve politik olabilmektedir. Çünkü sistem içinde farklı hiyerarşilerde yer alan aktörlerin yargıları daha öznel olmaktadır.

Bu çalışmada belirtilen yatırım projeleri değerlendirme süreci ise bazı özelliklere sahip bulunmaktadır. Öncelikle, söz konusu projeler, doğası gereği stratejik ve uzun

vadeli yatırımlar olmaktadır. Bu nedenle sadece mali tatmin yaklaşımları yeterli olmamaktadır.

Bazı durumlarda üst seviyedeki karar vericilerin daha önce teklif veren rakip birimlerden birisinde daha önce çalışmış olması, belirli bir ihtisasta yetişmesiyle sahip olduğu ihtisas bakış açısıyla değerlendirme yapması, rekabetçi olmayan bir ortamda nesnel ölçme kriterlerinin tam oluşmaması gibi nedenlerle yatırım kararlarının öznelliği söz konusu olmaktadır. Kamu sektörü proje seçiminde ise, genellikle proje ile doğrudan veya dolaylı olarak ilgili somut olmayan ve sayılamayan sosyal fayda ve mahzurlarla ilgilenilmesi gerekmektedir. Üst düzeyde yer alan karar vericilerin öznel görüşleriyle somut olmayan faktörlerin tanımlanması, ölçülmesi ve değerlendirilmesi çok kolay olmamaktadır.

Genellikle tekel olarak üretim yapıldığı için, maliyetlerin düşürülmesi, fırsat oluşturma, farklılaşma ve ürün çeşitlendirme gibi rekabetçi kavramlar daha geri planda olmakta, tezgah gibi yatırım kararları almak zor olmakta ve yatırım projelerinin etkin bir şekilde değerlendirilmesi malî tasarruflar açısından ön plana çıkartılmaktadır.

Birden fazla yatırım proje alternatifinin bulunduğu durumlarda, verilecek kararlarda rakip proje tekliflerinde bulunan birimler arasında uzlaşmayı sağlamak kurum işleyişindeki motivasyonun bozulmaması açısından önem arz etmektedir. Bunun yanında, yatırım kararları genellikle hiyerarşik seviyelerde alındığı için, bir üst seviyeyi ikna etmek ön plana çıkmakta ve projenin çeşitli yönlerden her bir üst karar vericinin farklı seviyelerde önem verdiği ölçütlere göre incelenmesi gerekmektedir.

Tezgah gibi teknolojik konuların ön planda olduğu yatırımlarda, bütün projeleri tanıyan ve projeler arası değerlendirme yapabilecek teknik yeterliliğe sahip kişilerin karar komitesinde bulunma ihtimali düşük olmaktadır. Belirli bir konuda uzman olsa bile diğer birimlerin teknolojik ihtiyaçlarında bilgi sahibi olması zor gözükmemektedir. Bu nedenle, tezgah değerlendirme kurulunda bulunan farklı statü, ihtisas ve

görevlere sahip kişileri bilgilendirmek amacıyla her bir tezgah için *tanıtıcı bilgi formları (EK-1)* düzenlenmiştir.

Bir sonraki bölümde, politik, stratejik, ekonomik faktörlerini içeren karar verme problemlerinden bir örneğinin yaşandığı Hava Kuvvetleri lojistik sistemi ve tedarik programlama süreci açıklanmıştır.

5.3. Hava Kuvvetleri Lojistik Sistemi

Silahlı Kuvvetlerin önemli bir unsuru olan Türk Hava Kuvvetlerinin, kullandığı ve kullanacağı teknolojiler ile öncü konumda olma mecburiyeti vardır. Bu zorunluluğu yerine getirebilecek kuvvet yapısının idamesi ve kullanılmasında aslî unsur lojistiktir.

Hava Kuvvetleri Lojistik Sisteminin amacı, değişimlere ve teknolojik gelişmelere paralel olarak sürekli yenilenme ilkesini esas alarak, savunma siyasetinin belirlendiği milli askeri hedeflerin elde edilmesi için hareket senaryolarını destekleyecek kuvvet yapısını oluşturmak, oluşturulan kuvveti sürekli ve ekonomik olarak harbe hazır durumda bulundurmak, gerginlik ve hareket dönemlerinde gerekli desteği vermektir.

Hava Kuvvetlerinin bünyesindeki lojistik sistem ile ilgili kararlar da askeri başarı açısından önemli bir yer tutmaktadır. “Hangi silahlar tedarik edilmelidir?”, “Kimlerden tedarik edilmelidir?”, “Üretim/depo merkezleri nerelere kurulmalıdır?”, “Hangi kabiliyetler kazanılmalıdır?”, “Bakım faaliyetleri nasıl olmalıdır?”, “Malzeme tedariki nasıl yapılmalıdır?” ve çalışmaya konu olacak olan, “*Hava İkmal Bakım Merkezlerinin, sorumlulukları kapsamında Hava Kuvvetlerinin geleceğe yönelik etkinliğini artırmak amacıyla hangi tezgah/teçhizat yatırımları yapılmalıdır? Bu yatırımlar nasıl programlanmalıdır?*” soruları lojistik sistem içerisinde tartışılmaktadır. Bu son soru kapsamında, Hava Kuvvetleri Lojistik Sistemi açıklanmıştır.

İhtiyaç duyulan hava kuvvetinin oluşturulması ve idame ve/veya işletmesi iki ana başlık altında değerlendirilebilir. Genel olarak savunma sistemlerinin temin ve tesis edilmesi *Tedarik (Üretim) Lojistiği*, bu sistemlerin idame/işletmesi ile lojistik hizmetlerin yürütülmesi ise *İşletim (Tüketim) Lojistiği* olarak adlandırılmaktadır.

Tedarik lojistiği süreci, genel olarak ihtiyaç tespiti, tasarımı, prototip üretimi, test geliştirilmesi, seri üretimi, proje yönetimi ve kullanıma verilmesini kapsamaktadır. Bu süreçte sorumluluk daha çok kuvvet karargahında ve hava, uzay, komuta kontrol, mühimmat ve yer silah sistemleri için teknik yönetim sorumluluğu Hava İkmal Bakım Merkezleri (HİBM)'ndedir.

İşletim Lojistiği ise, savunma sistemlerinin planlama, konsept, öncelik ve standartlarının tespit edilmesi, malzeme, sistem, fon, teknik, katalog, tedarik ve kontrat yönetimi, bakım/onarım, depolama, dağıtım, ulaştırma, inşaat, mühendislik ve ömür devri sonunda servis dışına çıkartma faaliyetlerini kapsamaktadır. İşletim lojistiği için HİBM'ler önemli bir rol oynamaktadır.

Türk Hava Kuvvetleri envanterinde bulunan silah sistemlerinin revizyon, bakım, onarım, tadilat, test ve kalibre gibi teknik destek ihtiyaçlarını karşılamak ve bunlara ilişkin imalat ihtiyaçlarını gerçekleştirmek HİBM'lerin amaçları arasındadır. HİBM'ler gerek lojistik sistem içerisindeki yeri itibarı ile gerekse üretim tipleri ve nihai ürünlerdeki çeşitlilik açısından birden fazla üretim sistemini içermektedirler. HİBM'lerde üretim yönetimi, ihtiyaçların dinamikliği, talebin çeşitliliği, fabrika içi ve diğer birimler arasındaki koordinasyonun gerekliliği ve yoğunluğu, hizmet verdiği havacılık sektörü koşullarının gereği olarak ürün kalitesini en iyiye ulaştırma çabası içinde olma, üretimi gerçekleştirme sürecinde esnek olmasına karşın, hangi ürünleri hangi öncelikle gerçekleştireceği konusunda bağımlı olma gibi karakteristiklere sahiptir.

5.4. Tezgah Yatırım Programlama Süreci

Hava Kuvvetlerinde, kuvvet ihtiyaçlarını belirleyen bir Lojistik Merkezi bulunmaktadır. Bu lojistik merkez HİBM'lerin müşterisi ve HİBM'ler de bildirilen ihtiyaçları karşılayan üretici durumundadır. HİBM'ler lojistik sistem ihtiyaçlarını karşılamaya çalışırken, kaynaklara (işgücü, malzeme, tezgah, tesis, ödenek) gereksinim duyacak ve müşteri-tedarikçi ilişkisi tersine dönerek HİBM'ler müşteri, Lojistik Merkezi ise tedarikçi konumunda olmaktadır. HİBM'lere ait tezgah yatırım projeleri ise, yurt içi veya yurt dışından tedarik edilmeleri amacıyla lojistik merkez yoluyla bütçeleme birimlerine teklif edilmektedir.

Silahlı Kuvvetlerin orta vadede kuvvet yapısı değişiklikleri, modernizasyon (silah, teçhizat, malzeme ve sistemler bazında), harbe hazırlık, idame-işletme ve inşaat/altyapı yatırım projelerinin nasıl gerçekleştirileceği kapsamında, tahsis edilecek kaynakların on yıllık dönemler için programlanması amacıyla On Yıllık Tedarik Programları oluşturulmaktadır. On Yıllık Tedarik Programı (OYTEP)'nin oluşturulmasında yürütülen faaliyetler aşağıda sunulmuştur.

Programlama faaliyetleri, kuvvet program tekliflerinin hazırlanmasına ışık tutan program hazırlama direktifi ile başlatılır. Bu direktif, programlamaya esas olacak; dönem içinde tahsisi muhtemel kaynakları, programlama kriterlerini, öncelikleri içermektedir. Program hazırlama direktifinde belirtilen kaynak, kriter ve öncelikler doğrultusunda, idame-işletme taslak program teklifleri Lojistik Merkez tarafından hazırlanır ve bütçeleme birimlerine gönderilir. Program teklifleri, kuvvet hedeflerinin, orta ve uzun vadede, ne zaman ve ne miktarda karşılanabileceğini, kaynak bazında öneren tekliflerdir. Hazırlanan taslak program teklifleri, karar mekanizmasına altyapı oluşturmak amacıyla *değerlendirme kurullarına* sunulur. HİBM'lerin tezgah/teçhizat tedarik taleplerinin daha önce de bahsedilen sorular kapsamında değerlendirilmeleri yoğun olarak bu değerlendirme kurullarında gerçekleştirilmektedir.

Bütün kuvvetlere ait teklifleri ve önceliklerinin değerlendirilmesinden sonra, nihai program OYTEP olarak yayımlanır. İlk iki yıllık dilimi, başta milli bütçe olmak üzere tüm mali kaynakların programlanmasına esas olmaktadır. OYTEP' te yer almayan hiç bir ihtiyaca kaynak tahsisi yapılamamaktadır. Ani ihtiyaçlar için OYTEP' te gerekli değişiklik teklifi yapılmak zorundadır.

Tedarik planlama, programlama ve bütçeleme süreci uzun bir zaman almaktadır. OYTEP, sonraki on yıllık dönem için her iki yılda bir güncellenmektedir. İki yıl sonunda bazı teklifler onaylanıp bütçelemesi yapılarak tedarik işlemlerine başlanmakta, bazıları revize edilmekte, bazıları ise iptal edilmektedir.

Hava Kuvvetleri Lojistik Sistemi için özellikle üretim merkezi olarak çok önemli bir yere sahip HİBM'lerin, Hava Kuvvetlerinin geleceğe yönelik etkinliğini artırmak amacıyla, Lojistik Merkez kanalıyla sundukları taslak OYTEP proje tekliflerinin kısa sürede değerlendirilmesi gerekmektedir. Daha önce belirtilen değerlendirme kuruluna katılacak personelin çok farklı görev, statü ve illerde bulunmaları yapılacak değerlendirme sürecini zorlaştırmaktadır.

Önceden de belirtildiği gibi, özellikle kamu kuruluşlarında kısıtlı bütçenin tahsis edileceği yatırım projelerinin nesnel ve bilimsel olarak değerlendirilmesiyle önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Değerlendirilecek tezgah yatırımları, bütçelenmek üzere teklif olarak bir üst birime sunulduğu için, diğer kuvvetlerden gelen diğer rakip projeler arasından seçilebilmeleri ve asıl karar vericilerin ikna edilebilmeleri için sunulan tekliflerin bilimsel bir çalışmanın sonucu olduğunun gösterilmesi gerekmektedir. Değerlendirmenin bütün herkesin güven duyacağı şekilde, daha sistemli ve bilimsel yapılması teklif veren rakip ihtiyaç birimleri arasındaki uyuşmazlığı da sona erdirecektir.

5.5. Tezgah Yatırım Projeleri Değerlendirme Problemi

Bu çalışmada, bir karar verme problemi olarak, *2007-2016 Dönemi Taslak On Yıllık Tedarik Programı Tezgah/Teçhizat Yatırım Proje Tekliflerinin Değerlendirilmesi*

Problemi incelenecektir. Söz konusu dönem için HİBM'ler tarafından değişik yıllarda ihtiyaç duyulan 28 adet tezgah/teçhizat yatırım projesi bulunmaktadır. Bu projeler arasında, önceliklendirme (sıralama problemi) amaçlı olarak, farklı kriterler altında bir değerlendirme yapılması gerekmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, planlamalar iki yılda bir güncellendiği ve bütçeleme için on yıllık dönemin ilk iki yılı olan 2007 ve 2008 yılları daha çok önem arz etmektedir. Her yıl için yapılacak değerlendirme süreci benzerlik göstereceği için yapılan çalışma, sadece 2007 yılına ait toplam 6 tezgah ile sınırlandırılmıştır. Değerlendirmelerin her yıl için ayrı ayrı yapılması ve bütçe kısıtından dolayı sarkan projelerin bir sonraki yıla ait tezgahlar içinde tekrar önceliklendirilmesi gerekmektedir.

Üç farklı HİBM tarafından verilen 2007 (6 adet) tezgah yatırım proje teklifleri aşağıda Çizelge 5.1'de sıralanmıştır. Tezgah ve ihtiyaç sahipleri isimleri, askeri kabiliyetler ve yatırımlar konusunda fikir verebileceği için gizlilik nedeniyle açık olarak verilmemiştir. 2007 yılına ait 6 adet teklifin toplam yaklaşık maliyeti 3 780 000 ABD Dolarıdır.

Çizelge 5.1 2007 yılı tezgah yatırım teklifleri

S/N	PROJE ADI	YAKLAŞIK FİYATI (ABD DOLARI)	TEKLİF YILI	İHTİYAÇ SAHİBİ
1	TEZGAH 1	2 000 000	2007	FABRİKA 1
2	TEZGAH 2	200 000	2007	FABRİKA 1
3	TEZGAH 3	650 000	2007	FABRİKA 2
4	TEZGAH 4	250 000	2007	FABRİKA 2
5	TEZGAH 5	300 000	2007	FABRİKA 3
6	TEZGAH 6	380 000	2007	FABRİKA 3
TOPLAM		3 780 000		

Problemin hedefi, *OYTEP karar verme süreci için teklif edilebilme şartlarını en fazla taşıyan, Hava Kuvvetleri lojistik sisteme en fazla potansiyel katkı sağlayan, en*

ekonomik, en az risk taşıyan ve en uygun teknolojik niteliklere sahip olan tezgah yatırım projelerini önceliklendirmek olarak belirlenmiştir.

5.6. Değerlendirme Kriterleri

Tezgah yatırım projeleri değerlendirmesinin en önemli safhalarından bir tanesi, değerlendirmede kullanılacak kriterlerin belirlenmesi olmuştur. Değerlendirme kriterlerini belirlemek amacıyla;

- Akademik literatür,
- Planlama, programlama, bütçeleme ve tedarik mevzuatı,
- Tezgah değerlendirme toplantı sonuçları,
- Tezgah yenileme planlama çalışma raporları,
- Benzer konularda TSK bünyesinde yapılan çalışmalara ait raporlar,
- HİBM fabrika tezgah planlama dokümanları,
- Konuyla ilgili doktrin, emir ve direktifler,
- Tezgah Değerlendirme Kurulu üyelerinin tecrübelerinden faydalanılmıştır.

En son uzmanlar ile birlikte mutabık kalınan kriterler, Çizelge 5.2’de özetlenmiş ve *potansiyel katkı, ekonomiklik, risk ve teknoloji* ana kriterleri altında aşağıda kısaca tanıtılmıştır.

5.6.1. Potansiyel katkı kriterleri

Bu kriterler genel olarak projelerin Hava Kuvvetleri lojistik sisteme olan potansiyel katkısını belirtmektedir.

Harekat katkı : Tedarik edilecek tezgah ile gerçekleştirilecek üretim faaliyetinin veya üretilen ürünün, harekat ortamında kullanılan silah sistemlerinin etkin çalışmaları, faal tutulmaları ve idame ettirilmeleri açısından katkısı ölçülmektedir. Tezgahın etkili olduğu her bir silah sisteminin de harekat etkinliği açısından önem derecesi aynı olmamaktadır. Bir uçak sisteminin harekat açısından önemi bir yer sistemi ile

aynı değildir. Aynı şekilde bir muharip uçak ile bir ulaştırma uçağının önem dereceleri farklıdır. Bunun yanında tezgahın etkilediği ürünün sistem açısından kritikliği de önem kazanmaktadır. Örneğin, bir muharip uçağın motoru ile gövdesinin uçağın parça bekler durumda uçamaması açısından etkileri aynı değildir. Ayrıca bir tezgahın etkilediği ürün sayısı ve çeşitliliğinin tezgahın harekata katkısında payı olacaktır.

Çizelge 5.2 Tezgah yatırım projeleri değerlendirme problemi hiyerarşik yapısı

HEDEF	ANA KRİTER	ALT KRİTER
TEZGAH YATIRIM PROJELERİ DEĞERLENDİRME	POTANSİYEL KATKI	Harekat Katkı
		Üretim Etkinlik Katkı
		Rekabet Gücü Katkı
		Dış Bağımlılığı Azaltmaya Katkı
	EKONOMİKLİK	Ekonomik Ömür
		Geri Ödeme Süresi
		Kullanım Yoğunluk
		Atölyenin Maliyet Etkinliği
	RİSK	Tedarikten Önce İhtiyacın Ortadan Kalkma Riski
		Zamanında Tedarik Edememe Riski
		İdame Ettirebilirlik
	TEKNOLOJİ	Teknoloji Transferi Sağlama Durumu
		Teknolojik Ömür
		Çok Yönlülük
		Geliştirilebilirlik

Üretim etkinlik katkısı : Atölyenin sahip olduğu/olacağı üretim görevi için tezgahın nasıl bir katkısı olacağını diğer bir deyişle ihtiyaç biriminin tezgah talep gerekçesini belirlemektedir. Tedarik edilecek tezgah, mevcut durumda kullanılan tezgahın ekonomik ömrünü doldurmuş olması gibi nedenlerle kullanılamaz halde olmasından dolayı üretim hattı akışını bozmamak ve sürekliliği sağlamak; ihtiyacın artması ile kapasiteyi artırmak; gerçekleşme süresini kısaltmak ve üretim hızını artırmak; tezgah hassasiyet derecesini ve ürün kalitesini artırmak; yeni kabiliyet kazanmak için altyapı

hazırlamak; emniyeti, işçi sağlığı ve güvenliğini sağlamak ve ani talep isteklerine karşılık esnekliği sağlamak gibi gerekçelerle talep edilebilmektedir. Belirtilen gerekçelerin önem dereceleri durumdan duruma değişmesine rağmen mevcut görevlerin aksamaması genellikle öncelikli olmaktadır.

Rekabet gücü katkı : Tezgahın kullanılacağı kuruma aynı sektörde bulunan diğer firmalara göre rekabet avantajı sağlama durumu ölçülmektedir. HİBM'ler için rekabet avantajı, askeri kurumlara yönelik olarak kuvvetler arası işbirliği, protokol ve sivil firmalara yönelik döner sermaye faaliyetleri ile belirlenmektedir. Tezgah ile gerçekleştirilecek üretim faaliyetinde çalışan firmaların bulunduğu piyasanın yoğunluğu rekabet gücü açısından önem arz etmektedir. Piyasa yoğunluğu, belirli sayıdaki en büyük firmaların piyasa payı toplamının sektör toplamına oranı ile ölçülmektedir.

Dış bağımlılığı azaltmaya katkı : Tezgah ile üretilen ürün veya yapılacak işlemlerin yurt içi veya yurt dışı bağımlılığı azaltmada ne kadar etkisi olduğunu göstermektedir. Harekat zamanında ihtiyaçların karşılanması için lojistik sistemin hızlı bir şekilde cevap vermesi beklenmektedir. Askeri lojistik sistemde çeviklik kazanmak ve savaş anında siyasi etkilerden uzak kalmak için yurt içi ve özellikle yurt dışı bağımlılığın olduğu üretimlerin içselleştirilmesi hedef olarak belirlenmektedir. Bu kapsamda dış kaynaktan tedarik edilmesinde problem yaşanan, çok sayıda ihtiyaç duyulan, pahalı ve kritik ürünler için kullanılacak tezgahlar öncelik kazanacaktır.

5.6.2. Ekonomiklik kriterleri

Bu kriterler, projelerin yatırım yapmaya değer olup olmadığını belirlemeye çalışmaktadır.

Ekonomik ömür : Her tezgah için üretici firma tarafından belirlenen tezgahın maliyet etkin olarak kullanılma süresini belirtmektedir. Belirlenen süre sonunda, tezgahın kullanım ömrü bitmemekte ancak arıza sıklığının artması ile kullanım maliyeti veya

arıza giderme riski artmaktadır. Askeri üretim birimlerinde bakım programı dikkatle takip edildiği ve tezgahların bir çoğu dış piyasadaki gibi sıklıkla çoklu vardiyalı çalışmadığı için kullanım ömrü uzayabilmektedir. Kullanım oranlarının farklılığı ve aksam/donanımdaki farklılıklardan dolayı tezgah ve teçhizatların ekonomik ömürlerinde sınıfsal farklılıklar olabilmektedir. Örneğin elektronik donanımı fazla olan bir teçhizatın mekanik aksamı bir tezgaha göre ekonomik ömrü daha kısa olabilmektedir. Tezgah ve teçhizatların ikili karşılaştırmaları yapılırken bu durumun değerlendirmeye alınması gerekmektedir. Bu değerlendirme için tezgah/teçhizatın ekonomik ömrünün ilgili atölyede kullanılan benzer tezgah veya teçhizatların ortalama ekonomik ömür ile oranlanarak kullanılması bir çözüm olabilir.

Geri ödeme süresi : Tezgah yatırım tutarının ne kadar zamanda kendi değerine eşit katma değer yaratacağını ifade etmektedir. Geri ödeme süresi kısa olan projeler önceliğe sahip olacaktır. Geri ödeme süresi tekniği, tek ölçütlü yatırım projeleri değerlendirmesinde kullanılan tekniklerden birisidir. Teknik anlaşılması kolay ve uygulanması basit olduğu, yatırımın geri ödenmesi gibi giriş-çıkış eşitliği kavramından kaynaklandığı ve riski azaltıcı nitelik gösterdiği için sıklıkla tercih edilmektedir [71]. Projenin sağlayacağı yıllık net nakit akışları yıllar itibariyle büyük dalgalanmalar göstermediği varsayılmıştır. Bu durumda geri ödeme süresi basit olarak yatırım tutarının yıllık net nakit akışına bölünmesi ile bulunabilecektir. Ancak geleceğe yönelik yatırım projelerinde en büyük problem, üretim miktarı ve üretilen ürünün piyasa fiyatındaki belirsizlik nedeniyle yatırımın ne kadar yıllık net nakit akışı olacağının doğru bir şekilde hesaplanamamasıdır. Bu nedenle geri ödeme süresi, personelin tecrübesi ve benzer bir tezgah ile karşılaştırılması ile tahmin edilebilecektir.

Kullanım yoğunluk : Tezgahın ekonomik ömrü boyunca yıllık kaç saat kullanılacağını göstermektedir. Uzun yıllar vardiyalı kullanılacak tezgahlar tercih edilmektedir. Ekonomik ömür kriterinde olduğu gibi kullanım yoğunluğunda da tezgah ile teçhizat arasında sınıfsal farklılıklar olabilecektir. Teçhizatlar genellikle bakım-onarım faaliyetlerinde kullanıldıkları için, istenilen katkıyı elde etmek için sürekli kullanılmaları beklenmez. Tezgahlar genellikle seri üretime yönelik olacağı

için üretimde kesikliğin engellenmesi için vardiyalı çalıştırılmaları gerekir. Yine ekonomik ömür kriterinde olduğu gibi sağlıklı bir ikili karşılaştırma yapmak için, kullanım yoğunluğunun ortalama değerlerle normalize edilmesi gerekmektedir.

Atölye maliyet etkinlik : Direkt tezgahın maliyet etkinliğini ölçmek zor olduğu için, ilgili atölyenin ve kurumun hesaplanan maliyet etkinlik ölçütleri karar için bir fikir verebilecektir. Bu kapsamda işletim birim maliyeti ve aktiflerin verimliliği kullanılmıştır. Atölyenin işletim birim maliyeti ile bir adam-saatlik üretim sonunda oluşan maliyet ifade edilmektedir. Diğer bir deyişle, söz konusu atölyede yapılan bir işin ne kadar maliyet etkin olduğu anlaşılmaktadır. Bu maliyet, direkt işçilik giderleri, endirekt işçilik giderleri, endirekt malzeme giderleri, amortisman, genel yönetim giderleri ve fabrika idari giderlerini kapsamaktadır. Bunu yanında, HİBM aktiflerinin verimliliği, 1 Dolarlık yatırıma karşılık sağlanan kâr miktarını göstermektedir.

5.6.3. Risk kriterleri

Bu kriterler projenin gerçekleşirken veya gerçekleştikten sonraki riskleri içermektedir.

Tedarikten önce ihtiyacın ortadan kalkma riski : Tezgahın kullanılmasının planlandığı ARGE, üretim vb. projenin iptal edilmesi, sistemin envanterden çıkması ile üretimin durması, üst kurumun çeşitli sebeplerle ürünleri ürettirmekten vazgeçmesi, tasarımdaki değişikliklerle üretim sürecinin değişmesi ihtimali ile OYTEP kapsamından çıkartılma riskini ifade etmektedir. Geleceğe yönelik belirsizliği yüksek olan projelerle ilgili tezgahların bu ölçüte göre önceliği düşük olacaktır. Ancak halihazırda kullanımı kesin olan tezgahlar ön plana çıkacaktır.

Zamanında tedarik edememe riski : Tezgah yatırımının bütçelenmesinden sonra planlanan süre içinde tedarik edilememe riskini belirtmektedir. Planlanan yılda tedarik edilemeyecek durumda olan tezgahın daha ileri yıllara planlanması gerekmektedir. Tedariğin gecikmesinde, alıma çıkma aşamasında teknik şartnamenin

hazırlanması, tercüme edilmesi, çoğaltılması, idari şartnameye ilave hususların belirlenmesi işlemleri; ihale sürecinde ihaleye girecek firma sayısının rekabet oluşturacak miktarda ve yurt içi olması, tek bir firma ve ülkeye bağımlılığın olmaması; muayene aşamasında problem yaşanmaması ve kurulumun uygun şartlarda yapılması önem arz etmektedir.

İdame ettirebilirlik : Alınacak tezgahın üretimi aksatmayacak ve beklenen katkıyı azaltmayacak şekilde idame-işletmesini gerçekleştirememeye riskini ölçmektedir. Alınacak bir sistemin sağlıklı bir şekilde idame ettirilebilmesi için, yedek parçaların kolay bulunması, servise kolay ulaşılması, enerji, yakıt, basınçlı hava, ısıtma, atıkların atılması gibi altyapının uygunluğu, tezgahı kullanacak personelin sağlanması, eğitimlerin aktarılması, bakım ve kalibrelerin düzenli yapılması gerekmektedir. İdame-işletme için garanti süresinin uzun olması arzu edilen bir niteliktir.

5.6.4. Teknoloji kriterleri

Bu kriterler proje yoluyla tedarik edilecek tezgahların teknolojik özelliklerini ve getirilerini ölçmektedir.

Teknoloji transferi : Tezgahın tedarik edilmesi ile kazanılacak teknolojinin kritikliği, teknolojisinin yeniliği (demode olup olmadığı) ve kullanım yaygınlığı ölçülmektedir. Kritiklik, hareket açısından önemli yeni bir kabiliyetin kazanılması, lojistik ihtiyaçların giderilmesinde etkinlik veya piyasada kolay bulunmama konularını kapsamaktadır. Piyasadan çok kolay temin edilebilecek, hareket açısından hayati öneme sahip olmayan ve karşılanmasında hız faktörünün etkili olmadığı ihtiyaçlar için alınacak tezgahlarla için teknoloji transferinden bahsedilemeyecektir.

Teknolojik ömür : Teknolojik gelişmelerden dolayı hem tezgahın kendisinin hem de desteklemeye yönelik çalıştığı sistemin demode kalması nedeniyle kullanım dışına çıkacağı süreyi ifade etmektedir. Tezgahın hurda oluncaya kadar kullanılabilmesi

arzulanan bir özelliktir. Ancak elektronik donanımlı teçhizatların hassasiyet derecesi kısa zamanda gelişen teknoloji ile düşük kalabilmektedir.

Çok yönlülük : Tezgahın ilgili atölyede birden fazla tezgah ile yapılan işlemleri bünyesinde toplayabilme özelliğidir. Örneğin bir tezgahın birden fazla frezeleme işlemlerini (delik delme, kanal açma, dış yüzey açma) yapabilmesi veya bir teçhizatın çok çeşitli ünitenin onarımına yönelik testlerini yapabiliyor olması tercih edilmektedir. Bir tezgahın birçok işlemi bünyesinde toplaması, işlemlerin daha kısa sürede tamamlanması ve esneklik yanında personel, enerji, altyapı, yer konusunda tasarruf sağlayabilmektedir.

Geliştirilebilirlik : Tezgah konfigürasyonunun, yeni kabiliyetler kazanma veya teknolojik yeni ihtiyaçlar söz konusu olduğunda, güncelleme, iyileştirme, geliştirme, yenileştirme yoluyla geliştirilebilme özelliğidir. Yeni silah sistemlerinin envantere girmesi ile bir ürünün üretilmesinde yeni işlemlerin yapılması veya yapılan işin hassasiyetinin artırılması gerekebilecektir. Bunun yanında çıktı aynı olmasına rağmen üretim hızının artırılmasına ihtiyaç duyulabilir. Tezgahın kabiliyet ve kapasitesini artırmak amacıyla, tezgah üzerinde değişikliklere gidilebilmesi için tezgahın geliştirilmeye uygun olması gerekir.

6. MODELLEME VE ÇÖZÜM

Değerlendirme kriterlerinden bazıları (ekonomik ömür, geri ödeme süresi, kullanım yoğunluk, atölyenin maliyet etkinlik, teknolojik ömür) için net cevaplar alınmasının zor olmasına rağmen genel itibarıyla somut değerlendirmeler yapılabilmektedir. Ancak geriye kalan, özellikle potansiyel katkı ve risk ana kriterleri kapsamındaki alt kriterler için sayısal somut cevaplar almak ve ikili karşılaştırmaları net bir şekilde yapmak çok zor olmaktadır. Değerlendirmelerdeki *sözel belirsizliği* daha iyi ifade etmek amacıyla çözüm tekniği olarak AHP tekniğinin bir versiyonu olan Bulanık AHP kullanılmıştır. Bulanık AHP uygulamaları içinde yaygın olarak kullanılan, kullanım aşamaları nispeten daha kolay olan ve klasik AHP tekniğinin adımlarıyla benzerlik gösteren Chang [1996]'ın *Mertebe Analiz Tekniği* kullanılmıştır.

Öncelikle problem, Chang tekniği ve Microsoft Excel programı yardımı ile, daha sonra analize katkı sağlaması açısından Deterministik AHP tekniği ile çözülmüş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Deterministik AHP çözümü, grup karar vermede etkili, ikili karşılaştırmalar için sözel, sayısal ve grafiksel modlar sunan ve duyarlılık analizini pratik olarak yapabilme kabiliyetine sahip *Expert Choice* yazılım programı yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

6.1. Chang'ın Mertebe Analiz Bulanık AHP Tekniği Adımları

Aşağıda, tezgah yatırım projeleri değerlendirme problemi için kullanılacak Chang [1996]'ın Bulanık AHP'de kullanılan Mertebe Analizi Yöntemi ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

Chang'ın yöntemine göre, her bir ölçüt alınır ve her bir hedef için mertebe analizi uygulanır. $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ bir ölçüt kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, bir amaç kümesi olsun. Böylece her bir ölçüt için m tane mertebe analiz değerleri elde edilir. Bu değerler şu şekilde gösterilir.

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Burada tüm $M_{g_i}^j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) 'ler üçgensel bulanık sayıdır.

Chang'ın mertebe analizinin adımları şu şekilde sıralanabilir:

Adım 1: Ölçüt i 'ye göre bulanık sentetik mertebenin değeri şu şekilde tanımlanır :

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$$

Buradaki $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$ değerini elde etmek için m tane mertebe analiz değerine bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right)$$

Daha sonra vektörün tersi şu şekilde elde edilir :

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

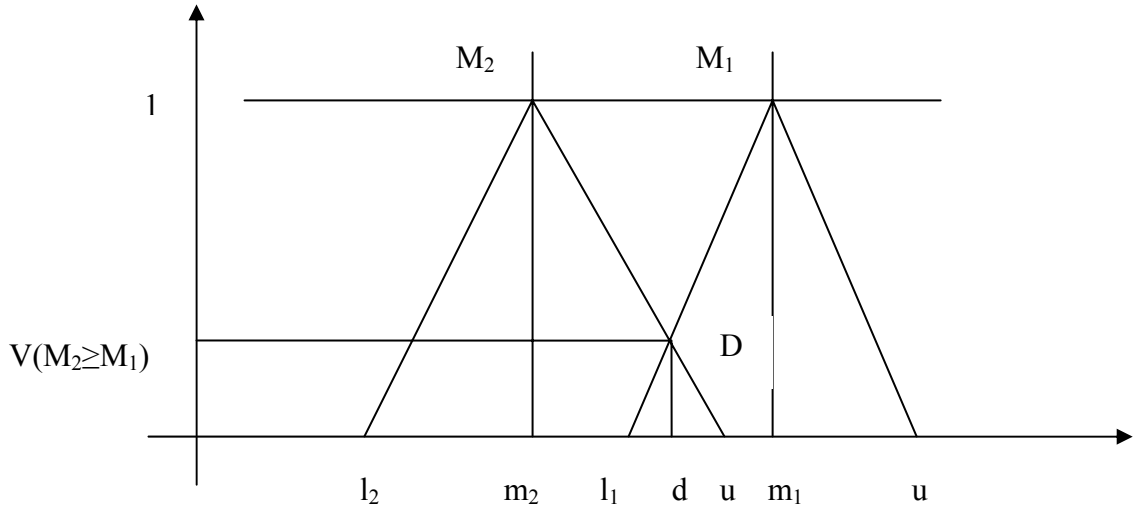
Adım 2: $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 'nin olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır :

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y)]$$

Denk olarak aşağıdaki gibi de ifade edilebilir:

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & m_2 \geq m_1 \\ 0, & l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer} \end{cases}$$

Denk şekilde $V(M_2 \geq M_1)$ 'i, d , μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası D 'nin ordinatı olmak üzere Şekil 6.1'de görüldüğü gibi gösterilmiştir.



Şekil 6.1 Bulanık M_2 sayısının M_1 sayısından büyük olabilirlik derecesi

M_1 ve M_2 'yi kıyaslayabilmek için $V(M_2 \geq M_1)$ ve $V(M_1 \geq M_2)$ değerlerinin her ikisi de gerekmektedir.

Adım 3: Bir konveks bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan M_i $i = 1, 2, \dots, k$ büyük olmasının olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır.

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \vee (M \geq M_2) \vee \dots \vee (M \geq M_k)] \\ = \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, \dots, k$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k),$$

olduğunu varsayalım, $k = 1, 2, \dots, n$; $k \neq i$ için ağırlık vektörü aşağıdaki gibidir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

Burada A_i $i = 1, 2, \dots, n$ n sayısı kadardır.

Adım 4: Normalize edilmiş ağırlık vektörleri, aşağıdaki gibidir. Burada W , bulanık olmayan bir sayıdır.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$$

Chang'ın Bulanık AHP tekniğinde son olarak, her bir karşılaştırma tablosu için elde edilen ağırlıklar AHP tekniğinde olduğu gibi hiyerarşik olarak sentezlenmekte ve nihai alternatif ağırlıkları bulunmaktadır.

6.2. Modelleme

Beşinci bölümde belirtildiği gibi A alternatif kümesi 6 farklı tezgah alternatifinden oluşmaktadır.

A : {Tezgah1, Tezgah2, Tezgah3, Tezgah4, Tezgah5, Tezgah6}

Kriter kümesi ise dört adet, *potansiyel katkı*, *ekonomiklik*, *risk* ve *teknoloji* ana kriterleri ile detayları daha önce verilen 15 adet alt kriterden oluşmaktadır. Kriterler ve hedeflerin hiyerarşik yapısı Çizelge 5.2 ile gösterilmiştir.

Çalışmada, bütün tezgahları değerlendirme kurulunda yer alan personele tanıtmak amacıyla ihtiyaç birimleri ile yapılan *tanıtıcı anketler* (EK-1), kriter ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla yapılan *ikili kriter karşılaştırma anketleri* (EK-2) ve alternatif performans değerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan *ikili alternatif karşılaştırma anketleri* (EK-3) altı uzman personele uygulanmıştır. Tanıtıcı anketlerin, karar sürecine giren her bir tezgah için yapılması gerekirken; kriter ağırlıklarını belirleme anketinin, farklı proje kümeleri için yapılacak önceliklendirme için tekrar edilmesine gerek bulunmamaktadır. Anketle belirlenen kriter ağırlıkları sonraki çalışmalarda da kullanılabilecektir. Grup üyeleri arası koordinasyonu sağlayan, ihtiyaç birimleri ile birebir anketleri gerçekleştiren, uzlaşılmış kriterleri belirlenmesinde etkin rol oynayan bir koordinatör görev yapmıştır.

Tezgah yatırım projelerini değerlendirecek uzmanlara yapılacak anketlerdeki değerlendirmelerin bulanık sayılarla ifade edilebilmesi için, AHP tekniğinde kullanılan karşılaştırma derecelerine benzer olarak Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2’de belirtilen farklı iki karşılaştırma bulanık karşılaştırma dereceleri kullanılmıştır. Kriterlerdeki karşılaştırma sınırları, alternatif karşılaştırmalarına göre nispeten daha dar olduğu için farklı bulanık karşılaştırma dereceleri kullanılmıştır. Literatürde her ikisi de kullanılmıştır [63, 64, 65, 105]. Zhu ve ark., orta değerden sapma değerinin (δ) 1/2 ile 1 arasında belirlenmesinin daha uygun olduğunu savunmuşlardır [107]. Bu çalışmada ise, δ değeri kriter karşılaştırmalarında 1/2, alternatif karşılaştırmaları için 1 alınmıştır.

Çizelge 6.1 Kriter bulanık karşılaştırma dereceleri

DİLSEL ÖLÇEK	ÜÇGENSEL BULANIK ÖLÇEK	ÜÇGENSEL KARŞIT BULANIK ÖLÇEK
EŞİT	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
EŞİTE YAKIN	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
BİRAZ DAHA ÖNEMLİ	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
ÇOK DAHA ÖNEMLİ	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
PEK ÇOK DAHA ÖNEMLİ	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
TAMAMEN ÖNEMLİ	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)

Çizelge 6.2 Alternatif bulanık karşılaştırma dereceleri

DİLSEL ÖLÇEK	ÜÇGENSEL BULANIK ÖLÇEK	ÜÇGENSEL KARŞIT BULANIK ÖLÇEK
EŞİT	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
BİRAZ DAHA ÖNEMLİ	(2, 3, 4)	(1/4, 1/3, 1/2)
KUVVETLİ ÖNEMLİ	(4, 5, 6)	(1/6, 1/5, 1/4)
ÇOK KUVVETLİ ÖNEMLİ	(6, 7, 8)	(1/8, 1/7, 1/6)
TAMAMEN ÖNEMLİ	(8, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/8)
ARA DEĞERLER	(1,2,3); (3,4,5); (5,6,7); (7,8,9)	(1/3, 1/2, 1); (1/5, 1/4, 1/3); (1/7, 1/6, 1/5); (1/9, 1/8, 1/7)

6.3. Çözüm

6.3.1. Chang mertebe analiz yöntemi ile bulanık AHP çözümü

Önceki bölümlerde belirtilen ikili karşılaştırma anketleri (EK-2 VE EK-3) tezgah değerlendirme kurulunda yer alan 6 uzman tarafından doldurulmuştur. Problemimizde yer alan değerlendirme kriterleri ve her bir alt kritere göre alternatifler için ikili karşılaştırmalar anketler yoluyla yapılmıştır. Üçgensel (l, m, u) bulanık sayılar ile ifade edilen ikili karşılaştırma değerleri aşağıdaki karşılaştırma tablolarında (Çizelge 6.4-6.30) verilmiştir.

Her bir bulanık karşılaştırma değeri, uzlaşma sağlamak amacıyla, her bir uzman tarafından yapılan değerlendirmelerin *geometrik ortalaması* alınarak hesap edilmiştir. Uzmanlar arası uzlaşmayı sağlamak amacıyla, grup üyelerinin tartışması, üyelerin yargılarından bir uzlaşma çıkarma görevini alacak bir aracıya başvurulması veya her ikili yargının matematiksel bir ifade yoluyla, örneğin geometrik ortalama ile sentezlenmesidir. Bu tekniklerden literatürde en sık kullanılanı geometrik ortalama yoluyla uzlaşma sağlamaktır [20]. AHP yönteminde geçerli olan ikili karşılaştırma matrisindeki karşılıklılık özelliğinin (bölüm 4.2) Mertebe Analiz Yönteminde de sağlanmasında aritmetik ortalama yeterli olmayabilmektedir [105]. Lee ve ark. çalışmalarında olduğu gibi, her bir uzmanın yargılarına göre ağırlıklar hesaplanmakta ve daha sonra ağırlıkların geometrik ortalaması alınmaktadır [106]. Enea ve Piazza ise, geometrik ortalamanın önce veya sonra alınmasının sıralamayı değiştirmediğini

savunmuşlardır [105]. Yöntemin uygulanmasında ihtiyaç duyulan bütün hesaplamalar *Microsoft Excel* programı ile gerçekleştirilmiştir.

Tezgah yatırım projeleri alternatiflerinin nihai ağırlıklarının tespit edilebilmesi için hesaplamalar, AHP'ye benzer şekilde hiyerarşik yapıda gerçekleştirilmiştir. Öncelikle ana kriter önem ağırlıkları, ikinci olarak ana kriter için alt kriter önem ağırlıkları, üçüncü olarak her bir kriter için alternatif performans değerleri ve son olarak ağırlıkların sentezlenmesi ile nihai alternatif ağırlıkları hesaplanmıştır. Hesaplamaların tümü yerine, ana kriter ağırlıklarının bulunması için örnek bir hesaplama yapılmış ve diğerleri için sadece sonuçlar verilmiştir.

Ana Kriter Önem Ağırlıklarının Hesaplanması

Ana kriter önem ağırlıklarının bulunması için kullanılacak ikili karşılaştırma tablosu Çizelge 6.3 aşağıda verilmiştir.

Çizelge 6.3 Ana kriterlerin ikili karşılaştırılması

	POTANSİYEL KATKI			EKONOMİKLİK			RİSK			TEKNOLOJİ		
POTANSİYEL KATKI	1	1	1	1,14	1,54	1,92	0,79	1,22	1,62	0,95	1,37	1,76
EKONOMİKLİK	0,52	0,65	0,87	1	1	1	0,64	0,83	1,18	0,60	0,83	1,26
RİSK	0,62	0,82	1,26	0,85	1,20	1,57	1	1	1	0,95	1,18	1,52
TEKNOLOJİ	0,57	0,73	1,05	0,79	1,20	1,68	0,66	0,85	1,05	1	1	1

İkili karşılaştırma tablosuna göre, her bir kriter için sentetik mertebe değerleri

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \text{ 'ler Çizelge 6.4'deki gibi hesaplanmıştır.}$$

Çizelge 6.4 Ana kriterler için sentetik mertebe değerleri

	l	m	u
S _K	0,19	0,31	0,48
S _E	0,13	0,20	0,33
S _R	0,16	0,26	0,41
S _T	0,15	0,23	0,37

Her ikili sentetik mertebe değerleri için, $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 'nin olabilirlik dereceleri $V(M_2 \geq M_1)$ 'ler hesaplanmıştır. Örneğin, $M_1 = S_K = (0,19, 0,31, 0,48)$ ve $M_2 = S_E = (0,13, 0,20, 0,33)$, $V(S_E \geq S_K)$ değeri, $m_2 \leq m_1$ ve $l_1 \leq u_2$ olduğu için, $(l_1 - u_2) / ((m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)) = (0,19 - 0,33) / (0,20 - 0,33) - (0,31 - 0,19) = 0,56$ olarak bulunmuştur. Diğer olabilirlik dereceleri aşağıdaki gibidir.

Ayrıca, bir konveks sentetik mertebe değerlerinin (S_i), k ($= 4$) tane konveks sentetik mertebe değerlerinden (S_k) büyük olmasının olabilirlik dereceleri $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$, Çizelge 6.5 ile verilmiştir. Örneğin, ekonomiklik ana kriteri için sentetik mertebe değerinin ($S_E = (0,13, 0,20, 0,33)$) diğer değerlerinden büyük olma olabilirlik derecesi,

$$d'(A_E) = \min V(S_E \geq S_k) = \min (0,56, 0,75, 0,87) = 0,56 \text{ bulunmuştur.}$$

Çizelge 6.5 Ana kriterler için ağırlık vektörünün hesaplanması

V($S_i \geq S_j$)	S _K	S _E	S _R	S _T
S _K		0,56	0,79	0,68
S _E	1,00		1,00	1,00
S _R	1,00	0,75		0,94
S _T	1,00	0,87	1,00	
minV($S_i \geq S_j$)	1,00	0,56	0,79	0,68

Bu değerlere göre, ana kriterler için ağırlık vektörü,

$$W' = (d'(A_K), \dots, d'(A_T))^T = (1,00, 0,56, 0,79, 0,68)^T \text{ bulunmuştur.}$$

Normalize edilmiş ağırlık vektörü ise,

$$W = (d(A_K), \dots, d(A_T))^T = (0,33, 0,18, 0,26, 0,22)^T \text{ bulunmuştur.}$$

Diğer bir deyişle, tezgah yatırım projelerinin değerlendirilmesi için *Potansiyel katkı* ($d(A_K)=0,33$) ana kriteri diğerleri arasında en çok önem derecesine sahiptir. Görüldüğü gibi, diğer ana kriterlerin önem ağırlıkları ise hemen hemen dengeli bir şekilde dağılmıştır.

Alt Kriter Önem Ağırlıklarının Hesaplanması : Alt kriter önem ağırlıkları ana kriterlerde olduğu gibi hesap edilmiş olup karşılaştırma tabloları, hesaplamalar ve ağırlıklar Çizelge 6.6-6.9'de sırasıyla verilmiştir.

Çizelge 6.6 Potansiyel katkı alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması

	HAREKAT			ÜRETİM			REKABET			BAĞIMLILIK		
HAREKAT	1	1	1	1,25	1,54	1,81	1,25	1,65	2,03	0,63	0,84	1,11
ÜRETİM	0,55	0,65	0,80	1	1	1	0,82	0,96	1,13	0,47	0,61	0,82
REKABET	0,49	0,61	0,80	0,88	1,04	1,22	1	1	1	0,39	0,49	0,65
BAĞIMLILIK	0,90	1,19	1,59	1,22	1,65	2,13	1,54	2,05	2,56	1	1	1

	l	m	u
S _H	0,20	0,29	0,41
S _Ü	0,14	0,19	0,26
S _R	0,13	0,18	0,26
S _B	0,23	0,34	0,51

V(S _i ≥S _j)	S _H	S _Ü	S _R	S _B
S _H		0,37	0,33	1,00
S _Ü	1,00		0,96	1,00
S _R	1,00	1,00		1,00
S _B	0,79	0,18	0,15	
minV(S _i ≥S _j)	0,79	0,18	0,15	1,00

Harekat	0,37
Üretim	0,09
Rekabet	0,07
Bağımlılık	0,47

Potansiyel katkı ana kriteri için *Harekat Katkı* ve *Dış Bağımlılığa Katkı* alt kriterleri diğerlerine göre çok daha fazla önem ağırlığına sahiptir.

Çizelge 6.7 Ekonomiklik alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması

	EKONOMİK ÖMÜR			GERİ ÖDEME			KULLANIM			ATÖLYE ETKİNLİK		
EKONOMİK ÖMÜR	1	1	1	0,90	1,20	1,55	0,78	0,86	1,00	0,51	0,65	0,87
GERİ ÖDEME	0,64	0,83	1,11	1	1	1	0,74	0,96	1,34	0,79	1,00	1,29
KULLANIM	1,00	1,16	1,28	0,75	1,04	1,35	1	1	1	0,76	0,91	1,12
ATÖLYE ETKİNLİK	1,14	1,54	1,97	0,77	1,00	1,26	0,89	1,10	1,31	1	1	1

	l	m	u
$S_{EÖ}$	0,16	0,23	0,32
$S_{GÖ}$	0,16	0,23	0,35
S_{KY}	0,18	0,25	0,35
S_{AE}	0,20	0,29	0,40

$V(S_i \geq S_j)$	$S_{EÖ}$	$S_{GÖ}$	S_{KY}	S_{AE}
$S_{EÖ}$		1	1	1
$S_{GÖ}$	0,97		1	1
S_{KY}	0,85	0,9		1
S_{AE}	0,69	0,74	0,82	
$\min V(S_i \geq S_j)$	0,69	0,74	0,82	1

Ekonomik Ömür	0,21
Geri Ödeme	0,23
Kullanım	0,25
Atölye Etkinlik	0,31

Ekonomiklik ana kriteri için Atölye Etkinlik kriteri ön plana çıkmaktadır.

Çizelge 6.8 Risk alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması

	İHTİYAÇ İPTAL			ZAMANINDA TEDARİK			İDAME		
İHTİYAÇ İPTAL	1	1	1	0,79	1,07	1,49	0,45	0,62	0,87
ZAMANINDA TEDARİK	0,67	0,93	1,27	1	1	1	0,7	0,91	1,22
İDAME	1,14	1,62	2,24	0,82	1,10	1,42	1	1	1

	l	m	u
$S_{İİ}$	0,19	0,29	0,39
S_{ZT}	0,21	0,31	0,40
S_I	0,26	0,40	0,53

$V(S_i \geq S_j)$	$S_{İİ}$	S_{ZT}	S_I
$S_{İİ}$		1	1
S_{ZT}	0,92		1
S_I	0,54	0,6	
$\min V(S_i \geq S_j)$	0,54	0,6	1

İhtiyaç İptal	0,25
Zamanında Tedarik	0,28
İdame	0,47

Risk ana kriteri için İdame Ettirebilme kriteri diğer iki kritere göre ön plana çıkmaktadır.

Çizelge 6.9 Teknoloji alt kriterlerinin ikili karşılaştırılması

	TEKNOLOJİ TRANSFERİ			TEKNOLOJİK ÖMÜR			ÇOK YÖNLÜLÜK			GELİŞTİRİLEBİLİRLİK		
TEKNOLOJİ TRANSFERİ	1	1	1	0,95	1,28	1,57	0,65	0,93	1,31	0,91	1,18	1,52
TEKNOLOJİK ÖMÜR	0,64	0,78	1,05	1	1	1	0,70	0,95	1,28	0,67	0,92	1,25
ÇOK YÖNLÜLÜK	0,76	1,07	1,54	0,78	1,05	1,42	1	1	1	0,68	1	1,4
GELİŞTİRİLEBİLİRLİK	0,66	0,85	1,10	0,80	1,09	1,48	0,71	1,00	1,47	1	1	1

	l	m	u
S _{TT}	0,17	0,27	0,42
S _{TÖ}	0,15	0,23	0,35
S _{ÇY}	0,16	0,26	0,41
S _G	0,16	0,24	0,39

V(S _i ≥S _j)	S _{TT}	S _{TÖ}	S _{ÇY}	S _G
S _{TT}		0,8	0,93	0,89
S _{TÖ}	1		1	1
S _{ÇY}	1	0,87		0,95
S _G	1	0,92	1	
minV(S _i ≥S _j)	1	0,8	0,93	0,89

Teknoloji Transferi	0,28
Teknolojik Ömür	0,22
Çok Yönlülük	0,26
Geliştirilebilirlik	0,24

Teknoloji ana kriteri için alt kriterler için önem ağırlıkları birbirine yakın bulunmuştur.

Genel olarak bakıldığında, bütün 15 alt kriter arasında en fazla önem ağırlığına sahip kriterler *Dış Bağımlılığı Azaltmaya Katkı* (0,155), *Harekat Katkı* (0,123) ve *İdame Ettirilebilirlik* (0,122) olmuştur. Diğer taraftan en az önem ağırlığına sahip alt kriterler ise, *Rekabet Gücü Katkı* (0,024) ve *Üretim Etkinlik Katkı* (0,028) olmuştur. *Potansiyel katkı* ana kriteri altındaki kriterlerin önem dereceleri arasındaki büyük fark dikkat çekicidir.

Alt Kriterlere Göre Performans Değerlerinin Hesaplanması

Detay hesaplamalar daha önce kriterler için yapılanlarla aynı şekilde yapıldığı için, tezgah yatırım projelerinin alt kriterlere göre performans değerleri, Çizelge 6.10-6.24 ile özet olarak verilmiştir.

Çizelge 6.10 Harekat katkı kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	5	6	7	5	6	7	5	6	7	2	3	4	2	3	4
TEZGAH2	0,14	0,17	0,2	1	1	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	0,13	0,14	0,17	0,25	0,33	0,5
TEZGAH3	0,14	0,17	0,2	1	2	3	1	1	1	1	1	1	0,25	0,33	0,5	1	2	3
TEZGAH4	0,14	0,17	0,2	1	2	3	1	1	1	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1
TEZGAH5	0,25	0,33	0,5	6	7	8	2	3	4	2	3	4	1	1	1	2	3	4
TEZGAH6	0,25	0,33	0,5	2	3	4	0,33	0,5	1	1	2	3	0,25	0,33	0,5	1	1	1

$$W = (0,62, 0,00, 0,00, 0,00, 0,38, 0,00)^T$$

Çizelge 6.11 Üretim etkinlik katkı kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	1	2	3	2	3	4	1	2	3	5	6	7	3	4	5
TEZGAH2	0,33	0,5	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3	4	5	6	2	3	4
TEZGAH3	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3
TEZGAH4	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3
TEZGAH5	0,14	0,17	0,2	0,17	0,2	0,25	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	0,33	0,5	1
TEZGAH6	0,2	0,25	0,33	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	2	3	1	1	1

$$W = (0,42, 0,33, 0,11, 0,13, 0,00, 0,01)^T$$

Çizelge 6.12 Rekabet gücü katkı kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	8	9	9	1	2	3	1	2	3	4	5	6	1	2	3
TEZGAH2	0,11	0,11	0,13	1	1	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	0,14	0,17	0,2
TEZGAH3	0,33	0,5	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	2	3	0,33	0,5	1
TEZGAH4	0,33	0,5	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	2	3	0,33	0,5	1
TEZGAH5	0,17	0,2	0,25	1	2	3	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	0,25	0,33	0,5
TEZGAH6	0,33	0,5	1	5	6	7	1	2	3	1	2	3	2	3	4	1	1	1

$$W = (0,52, 0,00, 0,06, 0,06, 0,00, 0,36)^T$$

Çizelge 6.13 Dış bağımlılığın azaltılması kriterine göre alternatifler karşılaştırma

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	7	8	9	3	4	5	3	4	5	1	2	3	1	1	1
TEZGAH2	0,11	0,13	0,14	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	0,2	0,25	0,33	0,13	0,14	0,17
TEZGAH3	0,2	0,25	0,33	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,33	0,5
TEZGAH4	0,2	0,25	0,33	1	2	3	1	1	1	1	1	1	0,33	0,5	1	0,25	0,33	0,5
TEZGAH5	0,33	0,5	1	3	4	5	1	1	1	1	2	3	1	1	1	0,33	0,5	1
TEZGAH6	1	1	1	6	7	8	2	3	4	2	3	4	1	2	3	1	1	1

$$W = (0,50, 0,00, 0,00, 0,00, 0,09, 0,41)^T$$

Çizelge 6.14 Ekonomik ömür kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1
TEZGAH2	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1
TEZGAH3	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3
TEZGAH4	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3
TEZGAH5	1	1	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TEZGAH6	1	1	1	1	1	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1

$$W = (0,10, 0,22, 0,25, 0,22, 0,10, 0,10)^T$$

Çizelge 6.15 Geri ödeme kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	1	2	3	2	3	4	1	2	3	1	1	1	1	1	1
TEZGAH2	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1
TEZGAH3	0,25	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	2	3	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1
TEZGAH4	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5
TEZGAH5	1	1	1	1	2	3	1	2	3	2	3	4	1	1	1	1	1	1
TEZGAH6	1	1	1	1	2	3	1	2	3	2	3	4	1	1	1	1	1	1

$$W = (0,23, 0,13, 0,12, 0,05, 0,23, 0,23)^T$$

Çizelge 6.16 Kullanım yoğunluğu kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	3	4	5	6	7	8	1	1	1
TEZGAH2	1	1	1	1	1	1	2	3	4	3	4	5	5	6	7	1	2	3
TEZGAH3	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	2	3	4	0,33	0,5	1
TEZGAH4	0,2	0,25	0,33	0,2	0,25	0,33	1	1	1	1	1	1	1	2	3	0,25	0,33	0,50
TEZGAH5	0,13	0,14	0,17	0,14	0,17	0,2	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	1	1	1	0,11	0,13	0,14
TEZGAH6	1	1	1	0,33	0,5	1	1	2	3	2	3	4	7	8	9	1	1	1

$$W = (0,35, 0,35, 0,00, 0,00, 0,00, 0,31)^T$$

Çizelge 6.17 Atölye maliyet etkinlik kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3	2	3	4	2	3	4
TEZGAH2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3	2	3	4	2	3	4
TEZGAH3	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3
TEZGAH4	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3
TEZGAH5	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1
TEZGAH6	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1

$$W = (0,30, 0,30, 0,14, 0,19, 0,03, 0,03)^T$$

Çizelge 6.18 İhtiyaç iptal riski kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	5	6	7	1	2	3	2	3	4	5	6	7	1	1	1
TEZGAH2	0,14	0,17	0,2	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	1	1	1	0,13	0,14	0,17
TEZGAH3	0,33	0,5	1	2	3	4	1	1	1	1	2	3	2	3	4	0,33	0,5	1
TEZGAH4	0,25	0,33	0,5	1	2	3	0,33	0,5	1	1	1	1	1	2	3	0,25	0,33	0,5
TEZGAH5	0,14	0,17	0,2	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	1	1	1	0,14	0,17	0,2
TEZGAH6	1	1	1	6	7	8	1	2	3	2	3	4	5	6	7	1	1	1

$$W = (0,41, 0,00, 0,16, 0,00, 0,00, 0,43)^T$$

Çizelge 6.19 Tedarik edememe riski kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	1
TEZGAH2	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	0,13	0,14	0,17
TEZGAH3	0,33	0,5	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,33	0,5
TEZGAH4	0,33	0,5	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,33	0,5
TEZGAH5	0,33	0,5	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,33	0,5
TEZGAH6	1	1	1	6	7	8	2	3	4	2	3	4	2	3	4	1	1	1

$$W = (0,36, 0,00, 0,00, 0,00, 0,00, 0,64)^T$$

Çizelge 6.20 İdame edebilirlik kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	3	4
TEZGAH2	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	1	1	1
TEZGAH3	1	1	1	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4
TEZGAH4	1	1	1	2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3
TEZGAH5	0,33	0,5	1	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3
TEZGAH6	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1

$$W = (0,30, 0,00, 0,27, 0,24, 0,19, 0,01)^T$$

Çizelge 6.21 Teknoloji transferi kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	5	6	7	1	2	3	2	3	4	2	3	4	1	1	1
TEZGAH2	0,14	0,17	0,2	1	1	1	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,17	0,25	0,33	0,5	0,13	0,14	0,17
TEZGAH3	0,33	0,5	1	6	7	8	1	1	1	1	2	3	2	3	4	0,33	0,50	1
TEZGAH4	0,25	0,33	0,5	6	7	8	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0,25	0,33	0,5
TEZGAH5	0,25	0,33	0,5	2	3	4	0,25	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	0,25	0,33	0,5
TEZGAH6	0,25	0,33	0,5	2	3	4	0,33	0,5	1	1	2	3	0,25	0,33	0,5	1	1	1

$$W = (0,30, 0,00, 0,26, 0,13, 0,00, 0,32)^T$$

Çizelge 6.22 Teknolojik ömür kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	2	3	4	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,33	0,5	1
TEZGAH2	0,25	0,33	0,5	1	1	1	0,13	0,14	0,17	0,13	0,14	0,17	0,33	0,5	1	0,25	0,33	0,5
TEZGAH3	2	3	4	6	7	8	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3
TEZGAH4	2	3	4	6	7	8	1	1	1	1	1	1	2	3	4	1	2	3
TEZGAH5	1	1	1	1	2	3	0,33	0,5	1	0,25	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1
TEZGAH6	1	2	3	2	3	4	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1

$$W = (0,01, 0,00, 0,41, 0,44, 0,00, 0,14)^T$$

Çizelge 6.23 Çok yönlülük kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	0,33	0,5	1	0,13	0,14	0,17	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	1	1	1
TEZGAH2	1	2	3	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,25	0,33	0,5	1	1	1	1	2	3
TEZGAH3	6	7	8	2	3	4	1	1	1	1	2	3	2	3	4	5	6	7
TEZGAH4	2	3	4	2	3	4	0,33	0,5	1	1	1	1	1	2	3	2	3	4
TEZGAH5	1	2	3	1	1	1	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	1	1	1	1	2	3
TEZGAH6	1	1	1	0,33	0,5	1	0,14	0,17	0,2	0,25	0,33	0,5	0,33	0,5	1	1	1	1

$$W = (0,00, 0,00, 0,66, 0,34, 0,00, 0,00)^T$$

Çizelge 6.24 Geliştirilebilirlik kriterine göre alternatiflerin karşılaştırılması

	TEZGAH1			TEZGAH2			TEZGAH3			TEZGAH4			TEZGAH5			TEZGAH6		
TEZGAH1	1	1	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	1	1	1	1	1
TEZGAH2	0,25	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,33	0,5	1	0,2	0,25	0,33
TEZGAH3	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1
TEZGAH4	0,33	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,33	0,5	1	0,33	0,5	1
TEZGAH5	1	1	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	1	1	1	1	1
TEZGAH6	1	1	1	3	4	5	1	2	3	1	2	3	1	1	1	1	1	1

$$W = (0,29, 0,01, 0,07, 0,07, 0,26, 0,31)^T$$

Alternatif Ağırlıklarının Hesaplanması : Daha önce hesaplanan kriter ağırlıkları ile alternatif ağırlıkları AHP tekniğine benzer olarak Çizelge 6.25-6.29’te görüldüğü gibi sentezlenerek nihai alternatif ağırlıklarına ulaşılmıştır.

Çizelge 6.25 Potansiyel katkı ana kriterine göre alternatiflerin ağırlıkları

	HAREKAT	ÜRETİM	REKABET	BAĞIMLILIK	W
	0,37	0,09	0,07	0,47	
TEZGAH1	0,62	0,42	0,52	0,50	0,54
TEZGAH2	0,00	0,33	0,00	0,00	0,03
TEZGAH3	0,00	0,11	0,06	0,00	0,01
TEZGAH4	0,00	0,13	0,06	0,00	0,02
TEZGAH5	0,38	0,00	0,00	0,09	0,19
TEZGAH6	0,00	0,01	0,36	0,41	0,22

Çizelge 6.26 Ekonomiklik ana kriterine göre alternatiflerin ağırlıkları

	EKONOMİK ÖMÜR	GERİ ÖDEME	KULLANIM	ATÖLYE ETKİNLİK	W
	0,21	0,23	0,25	0,31	
TEZGAH1	0,10	0,23	0,35	0,30	0,25
TEZGAH2	0,22	0,13	0,35	0,30	0,26
TEZGAH3	0,25	0,12	0,00	0,14	0,12
TEZGAH4	0,22	0,05	0,00	0,19	0,12
TEZGAH5	0,10	0,23	0,00	0,03	0,09
TEZGAH6	0,10	0,23	0,31	0,03	0,16

Çizelge 6.27 Risk ana kriterine göre alternatiflerin ağırlıkları

	İHTİYAÇ İPTAL	ZAMANINDA TEDARİK	İDAME	W
	0,25	0,28	0,47	
TEZGAH1	0,41	0,36	0,30	0,34
TEZGAH2	0,00	0,00	0,00	0,00
TEZGAH3	0,16	0,00	0,27	0,16
TEZGAH4	0,00	0,00	0,24	0,11
TEZGAH5	0,00	0,00	0,19	0,09
TEZGAH6	0,43	0,64	0,01	0,29

Çizelge 6.28 Teknoloji ana kriterine göre alternatiflerin ağırlıkları

	TEKNOLOJİ TRANSFERİ	TEKNOLOJİK ÖMÜR	ÇOK YÖNLÜLÜK	GELİŞTİRİLEBİLİRLİK	W
	0,28	0,22	0,26	0,24	
TEZGAH1	0,30	0,01	0,00	0,29	0,16
TEZGAH2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
TEZGAH3	0,26	0,41	0,66	0,07	0,35
TEZGAH4	0,13	0,44	0,34	0,07	0,24
TEZGAH5	0,00	0,00	0,00	0,26	0,06
TEZGAH6	0,32	0,14	0,00	0,31	0,20

Çizelge 6.29 Nihai alternatif ağırlıkları

	POTANSİYEL KATKI	EKONOMİKLİK	RİSK	TEKNOLOJİ	W
	0,33	0,18	0,26	0,22	
TEZGAH1	0,54	0,25	0,34	0,16	0,349
TEZGAH2	0,03	0,26	0,00	0,00	0,057
TEZGAH3	0,01	0,12	0,16	0,35	0,148
TEZGAH4	0,02	0,12	0,11	0,24	0,108
TEZGAH5	0,19	0,09	0,09	0,06	0,115
TEZGAH6	0,22	0,16	0,29	0,20	0,222

Tablolar incelendiğinde, Mertebe Analiz Yönteminin doğal bir sonucu olarak bazı kriter ve alternatifler için sıfır performans değerleri yer aldığı görülmektedir. Ancak yöntemin literatürde [107] eleştirildiği gibi bu sıfır değerler, herhangi bir kriterin çözümde göz ardı edilmesine neden olmamıştır. Çizelge 6.29'dan anlaşıldığı üzere, elde edilen nihai ağırlıklara göre, tezgah yatırım projeleri öncelik sıralaması *Tezgah1, Tezgah6, Tezgah3, Tezgah5, Tezgah4 ve Tezgah2* şeklinde olmuştur.

Bunun yanında Tezgah4 ve Tezgah5 ağırlıkları birbirine yakın bulunmuştur. Bu iki tezgah için daha detaylı bir analiz yapmaya gerek bulunmaktadır. Karar verme süreci için en çok önem derecesine sahip iki ana *Potansiyel katkı* kriteri için alternatiflerin performans değerlerine (Çizelge 6.29) bakıldığında, Tezgah5 projesinin Tezgah4

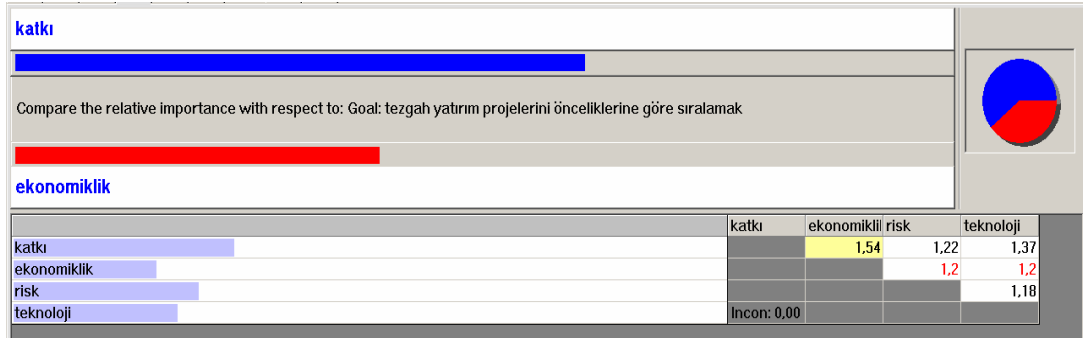
projesine göre açık bir farklılık göze çarpmaktadır. Diğer taraftan, üçüncü sırada önem ağırlığına sahip *Teknoloji* ana kriterine göre, ters yönde Tezgah4 projesinin Tezgah5 projesine göre açık bir farkı görülmektedir. Diğer *Risk* ve *Ekonomiklik* kriterleri için performans değerleri arasında çok büyük farklılıklar bulunmamaktadır.

6.3.2. Deterministik AHP çözümü

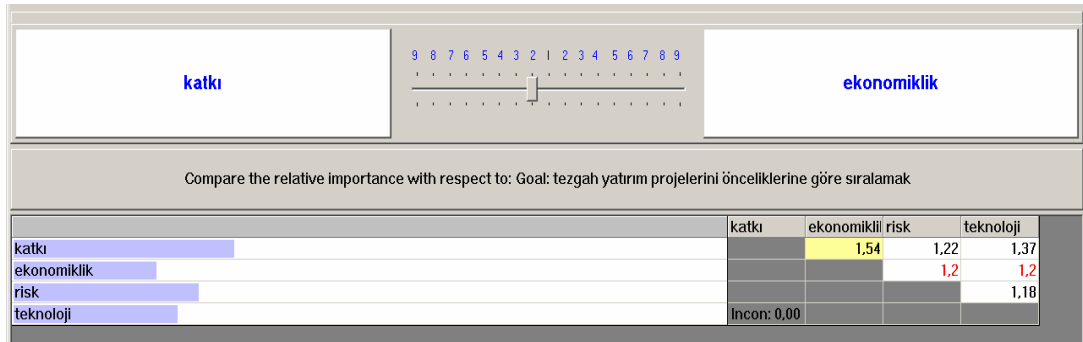
Mertebe Analiz Yöntemi ile, bulanık sayılardan oluşan ikili karşılaştırma değerlerinden deterministik önem ağırlıkları elde edilmiştir. Aynı şekilde, Deterministik AHP yönteminde olduğu gibi, deterministik karşılaştırma değerleri kullanılarak da bir çözüme ulaşılabilmektedir. Bu kapsamda, grup karar vermede etkin bir paket program olan Expert Choice, Deterministik AHP çözümlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Alternatif problem çözümümüzde, hiyerarşik yapının oluşturulması, ikili karşılaştırma, sentezleme ve bir karar verme süreci için önemli bir yere sahip duyarlılık analizinin hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirilmesine imkan vermesi nedenleriyle Expert Choice programı kullanılmıştır.

Yeni kesin değerlendirmeler elde etmek için yeni anketler düzenlemek yerine, önceki değerlendirmelerden faydalanılmıştır. Değerlendirme problemimizde yer alan karşılaştırma değerleri üçgensel (l, m, u) bulanık sayılardan oluşmaktadır. Deterministik AHP yöntemini kullanmak için, kesin karşılaştırma tabloları, daha önceki bulanık sayıların *orta değerlerinden* elde edilmiştir. Örneğin, Resim 6.1’de belirtilen ana kriterlerin ikili karşılaştırma değerleri, Çizelge 6.3’te belirtilen ikili karşılaştırma tablosundaki orta değerlerden (m) elde edilmiştir.

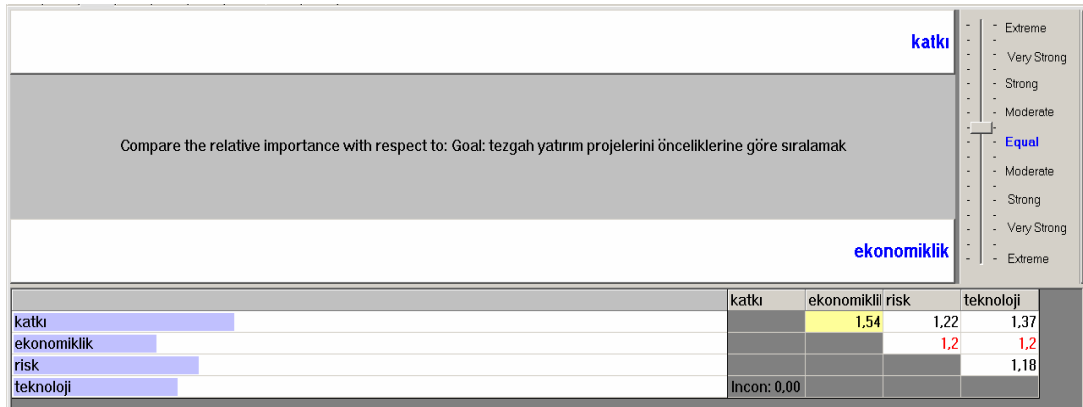
Resim 6.1’te görüldüğü gibi Expert Choice programı grafiksel mod alternatifi ile ikili karşılaştırmalar için kolaylıklar sağlamaktadır. Bunun yanında karşılaştırma tablolarına doğrudan değerler girilebilmektedir. Programda grafiksel modun yanında Resim 6.2 ve 6.3’te örneği verilen sayısal ve sözel modlar da yer almaktadır. Söz konusu modlar, uzmanlara yapılan anket tablolarının programa geçirilmesinde kolaylık sağlamaktadır.



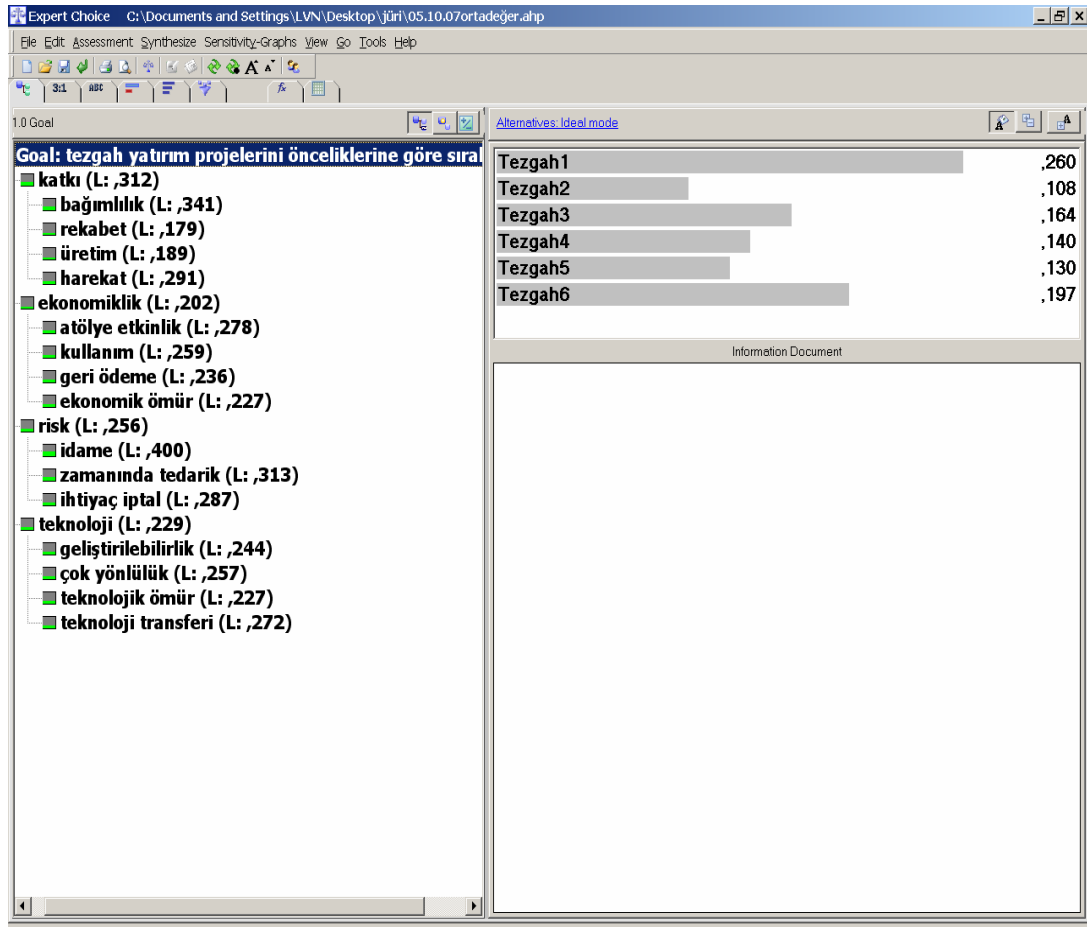
Resim 6.1 Expert Choice ana kriterler ikili karşılaştırma ekranı



Resim 6.2 Expert Choice sayısal karşılaştırma modu ekranı



Resim 6.3 Expert Choice sözel karşılaştırma modu ekranı



Resim 6.4 Expert Choice çözüm ekranı

Nihai ağırlıklar ve kriter önem derecelerinin belirtildiği Expert Choice ekranı Resim 6.4'te verilmiştir. Expert Choice çözümüne göre, proje önem sıralaması Tezgah1 (0,260), Tezgah6 (0,197), Tezgah3 (0,164), Tezgah4 (0,140), Tezgah5 (0,130), Tezgah2 (0,108) şeklinde olmuştur.

6.3.3. Bulanık ve Deterministik AHP çözümleri değerlendirmesi

BAHP ve Deterministik AHP kriter ağırlıkları ve performans değerleri özeti Çizelge 6.30'da verilmiştir. Genel itibariyle ana kriter önem dereceleri birbirine yakın değerler bulunmuştur. Performans değerleri deterministik AHP çözümünde birbirine daha yakın çıkmıştır. Bunun nedeni olarak Mertebe Analiz Yönteminin bazı performans değerlerini sıfır olarak ataması gösterilebilir. BAHP yönteminde

performans değerinin sıfır olduğu kriterler (örn. *risk*, *teknoloji*) için AHP performans değerleri de en düşük seviyededir.

Çizelge 6.30 Ana kriterler BAHF-deterministik AHP çözümleri özeti

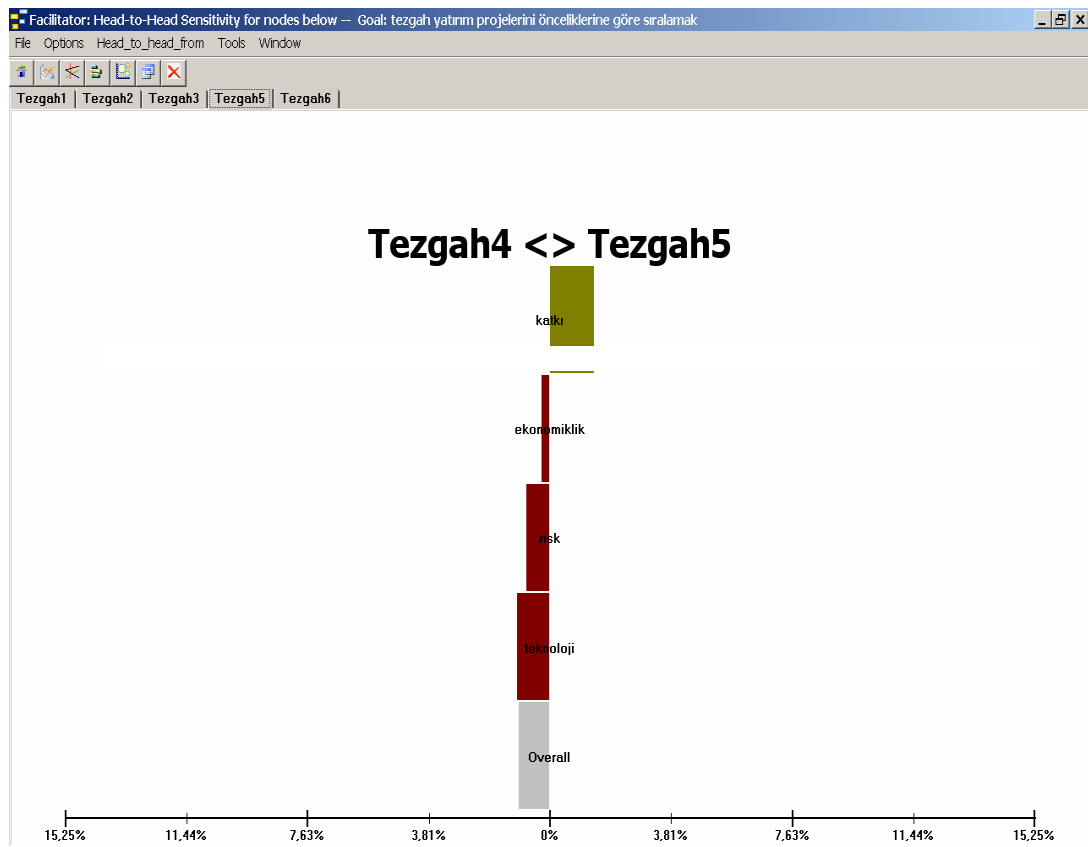
ANA KRİTERLER	POTANSİYEL KATKI		EKONOMİKLİK		RİSK		TEKNOLOJİ		NİHAİ AĞIRLIK	
YÖNTEMLER	BAHP	AHP	BAHP	AHP	BAHP	AHP	BAHP	AHP	BAHP	AHP
Önem Dereceleri	0,33	0,31	0,18	0,20	0,26	0,26	0,22	0,23	1	1
TEZGAH1	0,54	0,37	0,25	0,22	0,34	0,26	0,16	0,18	0,349	0,260
TEZGAH2	0,03	0,08	0,26	0,21	0,00	0,07	0,00	0,07	0,057	0,108
TEZGAH3	0,01	0,11	0,12	0,15	0,16	0,18	0,35	0,23	0,148	0,164
TEZGAH4	0,02	0,10	0,12	0,13	0,11	0,15	0,24	0,18	0,108	0,140
TEZGAH5	0,19	0,15	0,09	0,12	0,09	0,12	0,06	0,14	0,115	0,130
TEZGAH6	0,22	0,19	0,16	0,17	0,29	0,22	0,20	0,21	0,222	0,197

Her bir kriter ayrı olarak ele alındığında, sıralamalar hemen hemen aynıdır. Değişimler sadece birbirine yakın performans değerlerine sahip alternatiflerde görülmektedir. AHP sıralamasının Bulanık AHP yöntemindeki sıralama ile farklılığı Tezgah4 ve Tezgah5'te olmuştur.

İki tezgah alternatifi için, performans değerleri detaylı olarak incelenmiştir. Her iki BAHP ve AHP sonuçlarına göre, Tezgah4 ve Tezgah5'in ağırlıkları arasında fazla bir farklılık bulunmamaktadır. Çizelge 6.30'da görüldüğü gibi, BAHP genel performans değerleri incelendiğinde, Tezgah 4'e ait genel AHP performans değeri (0,108'den 0,140'a), Tezgah5'e ait genel AHP performans değerine (0,115'den 0,130'a) göre daha fazla artış göstermiştir. Bu artış farklılığı ana kriter ve alt kriter seviyelerinde iki şekilde incelenmiştir.

Öncelikle, ana kriter seviyesinde, *ekonomiklik* ve *risk* ana kriterleri için, her iki tezgah için bir artış görülmüştür. Diğer taraftan, *potansiyel katkı* ana kriteri için, Tezgah4'te artış olurken; Tezgah5'te azalma görülmektedir. *Teknoloji* kriteri için,

tersi olarak Tezgah4'te azalma olurken; Tezgah5'te artış olmuştur. Anlaşılmaktadır ki, *deterministik AHP çözümünde Tezgah4'ün öne geçmesinde potansiyel katkı kriteri rol oynamıştır*. Her iki yöntem çözümü için, bu kriter diğer ana kriterlere göre en çok önem derecesine (BAHP için 0,33 ve AHP için 0,31) sahip kriterdir. *Potansiyel katkı* kriterinin Tezgah4 ve Tezgah5 sıralaması için önemli olduğu, Expert Choice programı başabaş analiz ekranı Resim 6.5'ten de anlaşılmaktadır.



Resim 6.5 Expert Choice başabaş analiz ekranı

Çizelge 6.31-6.34 ile alt kriterler bazında bulanık AHP ve deterministik AHP sonuçları özetlenmiştir. Tezgah4 ve Tezgah5 sıralaması için önem arz eden *potansiyel katkı* ana kriterinin detaylandırıldığı Çizelge 6.38 incelendiğinde, her iki yöntem için en yüksek önem derecesine sahip *dış bağımlılık* ve özellikle *harekat* alt kriterlerinden kaynaklandığı görülmektedir.

Çizelge 6.31 Potansiyel katkı BAHP- deterministik AHP çözümleri özeti

KRİTERLER	HAREKAT		ÜRETİM ETKİNLİK		REKABET GÜCÜ		BAĞIMLILIK	
YÖNTEMLER	BAHP	AHP	BAHP	AHP	BAHP	AHP	BAHP	AHP
Önem Dereceleri	0,37	0,29	0,09	0,19	0,07	0,18	0,47	0,34
TEZGAH1	0,62	0,43	0,42	0,34	0,52	0,34	0,50	0,32
TEZGAH2	0,00	0,04	0,33	0,24	0,00	0,24	0,00	0,04
TEZGAH3	0,00	0,08	0,11	0,14	0,06	0,14	0,00	0,11
TEZGAH4	0,00	0,08	0,13	0,13	0,06	0,13	0,00	0,09
TEZGAH5	0,38	0,24	0,00	0,06	0,00	0,06	0,09	0,16
TEZGAH6	0,00	0,13	0,01	0,09	0,36	0,09	0,41	0,28

Çizelge 6.32 Ekonomiklik BAHP- deterministik AHP çözümleri özeti

KRİTERLER	EKONOMİK ÖMÜR		GERİ ÖDEME		KULLANIM YOĞUNLUĞU		ATÖLYE MALİYET ETKİNLİK	
YÖNTEMLER	BAHP	AHP	BAHP	AHP	BAHP	AHP	BAHP	AHP
Önem Dereceleri	0,21	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26	0,31	0,28
TEZGAH1	0,10	0,12	0,23	0,24	0,35	0,28	0,30	0,26
TEZGAH2	0,22	0,17	0,13	0,13	0,35	0,29	0,30	0,27
TEZGAH3	0,25	0,21	0,12	0,11	0,00	0,11	0,14	0,14
TEZGAH4	0,22	0,21	0,05	0,08	0,00	0,07	0,19	0,15
TEZGAH5	0,10	0,12	0,23	0,21	0,00	0,04	0,03	0,10
TEZGAH6	0,10	0,17	0,23	0,23	0,31	0,21	0,03	0,09

Çizelge 6.33 Risk BAHP- deterministik AHP çözümleri özeti

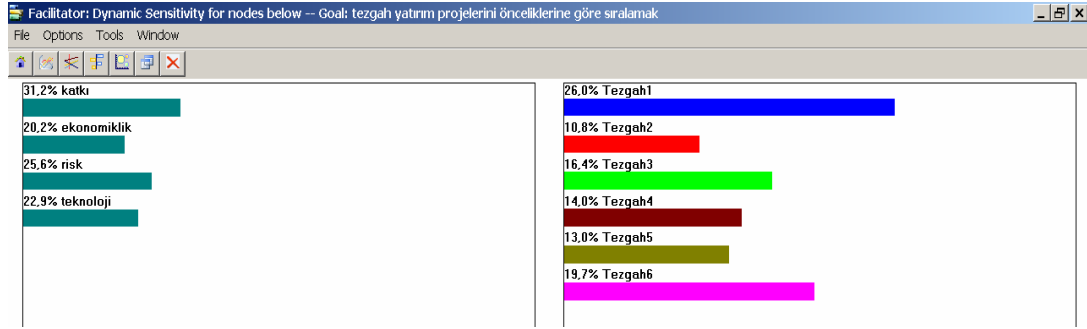
KRİTERLER	İHTİYAÇ İPTAL		ZAMANINDA TEDARİK		İDAME ETTİREBİLİRLİK	
YÖNTEMLER	BAHP	AHP	BAHP	AHP	BAHP	AHP
Önem Dereceleri	0,25	0,29	0,28	0,31	0,47	0,40
TEZGAH1	0,41	0,31	0,36	0,22	0,30	0,25
TEZGAH2	0,00	0,05	0,00	0,06	0,00	0,09
TEZGAH3	0,16	0,17	0,00	0,12	0,27	0,22
TEZGAH4	0,00	0,10	0,00	0,12	0,24	0,20
TEZGAH5	0,00	0,05	0,00	0,13	0,19	0,16
TEZGAH6	0,43	0,32	0,64	0,36	0,01	0,09

Çizelge 6.34 Teknoloji Bulanık AHP- deterministik AHP çözümleri özeti

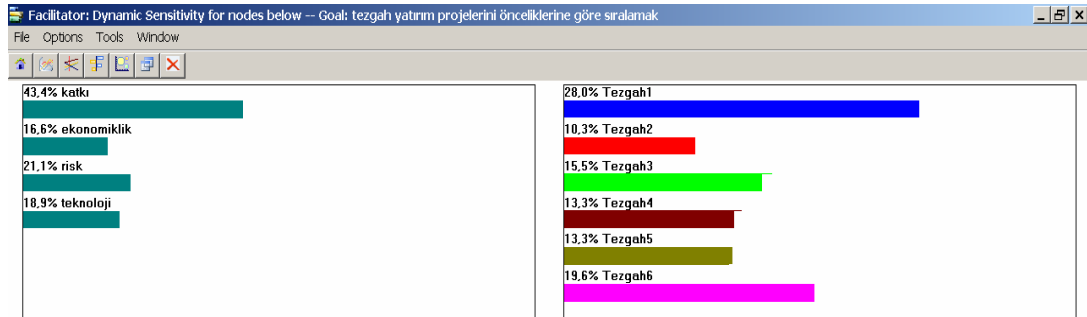
KRİTERLER	TEKNOLOJİ TRANSFERİ		TEKNOLOJİK ÖMÜR		ÇOK YÖNLÜLÜK		GELİŞTİRİLEBİLİRLİK	
	BAHP	AHP	BAHP	AHP	BAHP	AHP	BAHP	AHP
Önem Dereceleri	0,28	0,27	0,22	0,23	0,26	0,26	0,24	0,24
TEZGAH1	0,30	0,27	0,01	0,10	0,00	0,06	0,29	0,23
TEZGAH2	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,11	0,01	0,09
TEZGAH3	0,26	0,20	0,41	0,28	0,66	0,41	0,07	0,11
TEZGAH4	0,13	0,12	0,44	0,31	0,34	0,24	0,07	0,11
TEZGAH5	0,00	0,09	0,00	0,12	0,00	0,12	0,26	0,21
TEZGAH6	0,32	0,30	0,14	0,15	0,00	0,06	0,31	0,25

6.3.4. Duyarlılık analizi

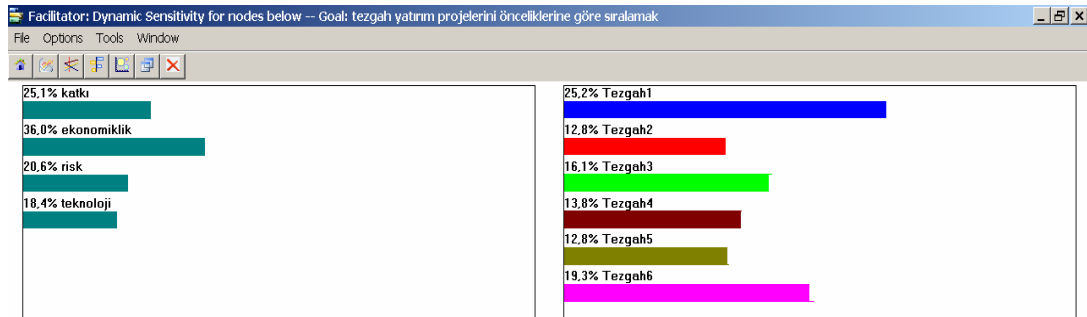
Daha önce de belirtildiği gibi, Expert Choice programı, performans, dinamik, başa baş gibi duyarlılık analizleri konusunda önemli araçlar sunmaktadır. Bu araçlar kullanılarak, her bir kriterin önem derecesi artırılıp sıralamanın değiştiği nokta bulunmaya çalışılmıştır. Örneğin, başlangıç durumda dinamik analiz ekranı Resim 6.6'daki gibi olmaktadır. Resim 6.7'da olduğu gibi, potansiyel katkı kriterinin önem derecesi, 0,312'den 0,434'e yükseltildiğinde Tezgah4 ve Tezgah5 ağırlıkları eşit duruma gelmekte ve bu aşamadan sonra Tezgah5 öne geçmektedir. Resim 6.8'de olduğu gibi, ekonomiklik kriterinin önem derecesi, 0,202'den 0,360'a yükseltildiğinde Tezgah2 ve Tezgah5 ağırlıkları eşit duruma gelmekte ve bu aşamadan sonra Tezgah2 öne geçmektedir. Resim 6.9'da olduğu gibi, risk kriterinin önem derecesi, 0,256'dan yükseltirse de sıralama değişmemektedir. Son olarak, Resim 6.10'da olduğu gibi, teknoloji kriterinin önem derecesi, 0,229'dan 0,964'e yükseltildiğinde Tezgah1 ve Tezgah4 ağırlıkları eşit duruma gelmekte ve bu aşamadan sonra Tezgah1 geriye düşmektedir.



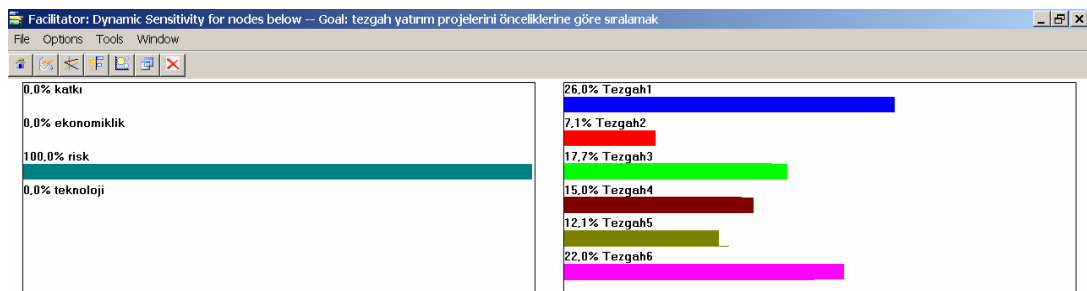
Resim 6.6 Expert Choice dinamik analiz başlangıç çözüm ekranı



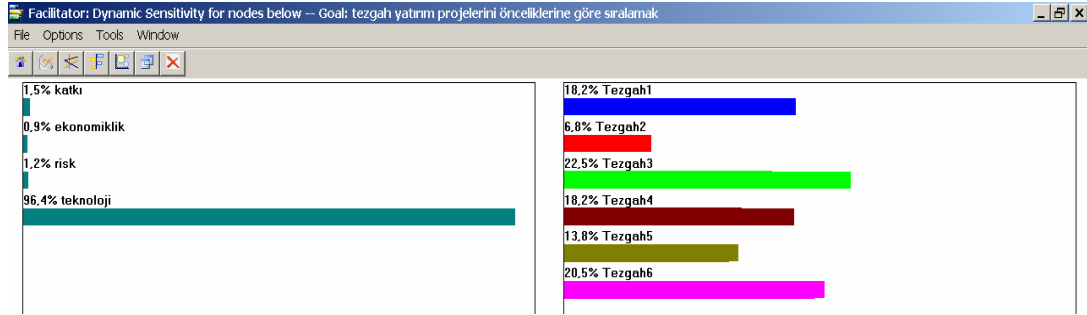
Resim 6.7 Potansiyel katkı kriterinin sıralamayı değiştirdiği sınır önem derecesi



Resim 6.8 Ekonomiklik kriterinin sıralamayı değiştirdiği sınır önem derecesi



Resim 6.9 Risk kriterinin sıralamayı değiştirdiği sınır önem derecesi



Resim 6.10 Teknoloji kriterinin sıralamayı değiştirdiği önem derecesi

Bu sonuçlara göre sıralama, en fazla potansiyel katkı ve ekonomiklik kriterlerine; en az risk ve teknoloji kriterlerine duyarlıdır. Aynı şekilde, alt kriterler için de duyarlılık analiz yapılabilmektedir. Sıralama için en duyarlı ana kriter olan potansiyel katkı kriterinin alt kriterleri arasında hareket en fazla, dış bağımlılık ise en az duyarlı kriterdir. Dikkat edilirse, Çizelge 6.31'e göre BAHP ve AHP sıralamaları arasında fark oluşmasına neden olan dış bağımlılık kriteri, önem derecesindeki farklılaşma aslında nihai ağırlıkları çok fazla değiştirmemektedir. Diğer taraftan, her iki yönden hareket kriteri önem arz etmektedir. Diğer bir deyişle, *hem hareket kriterinin önem derecesinin belirlenmesi hem de alternatiflerin hareket kriterine göre karşılaştırılmasında değerlendirmelere* dikkat edilmelidir.

Expert Choice programı duyarlılık analizi yanında, sıralama farklılığına en fazla etkisi olduğu değerlendirilen kriterlerden *harekat* alt kriteri için yapılan anketler incelenerek bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Tezgah4 ile Tezgah5 karşılaştırmasında yapılan değerlendirmenin bir üst ve bir alt seviyeye değişmesi durumunda BAHP sonuçlarının nasıl değişeceği incelenmiştir. Anket sonucuna göre, *harekat* alt kriterinde Tezgah4, Tezgah5'e göre "Biraz Daha Önemli" olarak değerlendirilmiştir (I. Değerlendirme). Bunun yerine, bir üst seviye "Daha önemli" olarak değerlendirilmesi (II.Değerlendirme) ve bir alt seviye "Eşit Önemli" olarak değerlendirilmesi (III. Değerlendirme) durumları için elde edilen sonuçlar Çizelge 6.35 ve 6.36'da verilmiştir. Bu değerlendirme değişimlerinde Tezgah1'in sıralaması değişmemesine rağmen, Tezgah4 ve Tezgah5'in nihai sıralaması III.

Değerlendirmede değişmektedir. Alt seviyelerde (ana kriter ve alt kriter) ise, sıralamalar değişmemektedir.

Çizelge 6.35 Potansiyel katkı ana kriteri duyarlılık analizi

ANA KRİTER	POTANSİYEL KATKI			NİHAİ AĞIRLIK		
DEĞERLENDİRME	I	II	III	I	II	III
TEZGAH1	0,54	0,52	0,56	0,349	0,342	0,356
TEZGAH2	0,03	0,03	0,03	0,057	0,057	0,057
TEZGAH3	0,01	0,01	0,01	0,148	0,148	0,148
TEZGAH4	0,02	0,02	0,02	0,108	0,108	0,108
TEZGAH5	0,19	0,21	0,17	0,115	0,122	0,108
TEZGAH6	0,22	0,22	0,22	0,222	0,222	0,222

Çizelge 6.36 Harekat kriteri duyarlılık analizi

KRİTER	HAREKAT		
DEĞERLENDİRME	I	II	III
TEZGAH1	0,62	0,58	0,69
TEZGAH2	0,00	0,00	0,00
TEZGAH3	0,00	0,00	0,00
TEZGAH4	0,00	0,00	0,00
TEZGAH5	0,38	0,42	0,31
TEZGAH6	0,00	0,00	0,00

6.4. Proje seçimi optimizasyon modeli

Beşinci bölümde, *tezgah yatırım projelerinin önceliklendirilmesi* olarak belirlenen amaç, *projeler arasından bütçe kısıtı altında seçim yapmak* olarak ilerletilmesi mümkündür. Bu durumda seçim için doğrusal programlama kullanılabilir. Bulanık AHP yöntemi ile elde edilen proje ağırlıklarını projelerden elde edilen fayda olarak düşünürsek, faydanın en çoklanması amaç fonksiyonu olarak belirlenebilir.

Proje maliyetlerinin bütçeden fazla olmama kısıtı altında bir 0-1 tamsayılı programlama modeli aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

$$\text{Max } \sum w_i y_i$$

s.t.

$$\sum c_i y_i \leq B$$

$$y_i = 0 \text{ veya } 1$$

Daha önce de belirtildiği gibi, amaç fonksiyonu, faydanın ($\sum w_i y_i$) ençoklanmasıdır. Burada p_i her bir projenin önem ağırlığını ifade etmektedir. Bu önem ağırlıkları önceki bölümde Bulanık AHP yöntemiyle bulunan değerlerdir (Bölüm 6.3.1, Çizelge 6.29). Diğer bir deyişle, $w_1 = 0,349$, $w_2 = 0,057$, $w_3 = 0,148$, $w_4 = 0,108$, $w_5 = 0,115$, $w_6 = 0,222$ olarak hesaplanmıştır.

Modelde y_i , her bir projenin kabul/ret durumlarını belirten 0 veya 1 tamsayı değişkendir.

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{Proje Kabul ise,} \\ 0 & \text{Proje Ret ise.} \end{cases}$$

$\sum c_i y_i \leq B$ kısıtı ile ilgili yıla ait bütçenin aşılmaması şart koşulmuştur. Burada B söz konusu projeler için ayrılmış yıllık bütçeyi ve c_i her bir projenin tedarik maliyetini ifade etmektedir. Buradaki c_i değerleri ise sırasıyla, $c_1 = 2\,000\,000$ \$, $c_2 = 200\,000$ \$, $c_3 = 650\,000$ \$, $c_4 = 250\,000$, $c_5 = 300\,000$ \$, $c_6 = 380\,000$ \$ olarak bilinmektedir (Bölüm 5.5, Çizelge 5.1).

Yukarıdaki veriler kullanıldığında ve bütçenin 3 Milyon ABD Dolar olduğu varsayıldığında model aşağıdaki şekle dönüşmektedir.

$$\text{Max } 0,349 y_1 + 0,057 y_2 + 0,148 y_3 + 0,108 y_4 + 0,115 y_5 + 0,222 y_6$$

s.t.

$$2000 y_1 + 200 y_2 + 650 y_3 + 250 y_4 + 300 y_5 + 380 y_6 \leq 3000$$

$$y_i = 0 \text{ veya } 1$$

Oluşturulan 0-1 tamsayılı model Lindo programında çözdürülmüştür ve Çizelge 6.37'deki sonuç elde edilmiştir. Sonuçlara göre, Tezgah1, Tezgah4, Tezgah5, Tezgah6 projeleri seçilmiştir. Diğer taraftan, bütçe 3 Milyon ABD Doları yerine, 2 Milyon ABD Doları belirlenirse, Tezgah2, Tezgah3, Tezgah4, Tezgah5 ve Tezgah6 seçilmektedir. Birinci bütçe değeri için, daha önce önem sıralamasında üçüncü sırada olan Tezgah3'ün ve ikinci bütçe değeri için en yüksek önem derecesine sahip Tezgah1'in seçilmemiş olması dikkat çekicidir.

Gerçek hayatta, seçim süreci, her zaman kısıtlı bütçede belirli kriterler altında en fazla faydayı sağlayacak projenin tercih edilmesi şeklinde olmamaktadır. Genel itibariyle kamu kurumları karar verme sürecinde, bütçe değerlendirmesi dışında, modellenemeyen politik, stratejik ve taktik değerlendirmelere ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu nedenle, daha üst karar vericilere altyapı olması açısından öncelikle belirli bir ön sıralamanın yapılması daha kullanışlı olacaktır. Bunun yanında optimizasyon modeli ile elde edilen seçim sonuçları ise, karar vericilere fikir vermek ve diğer değerlendirmeler sonucu elde edilen seçimler ile karşılaştırma yapılmasına imkan vermesi açısından değer kazanmaktadır.

Çizelge 6.37 Lindo çözüm değerleri

Değişken	Değer
y ₁	1
y ₂	0
y ₃	0
y ₄	1
y ₅	1
y ₆	1

Diğer taraftan, seçim süreci nasıl olursa olsun sonuçta bazı tezgah projeleri kabul edilecek diğerleri ise duruma göre sonraki yıllara ertelenecek veya tamamen iptal edilecektir. Bununla birlikte tezgah yatırım teklifleri iki yılda bir yenilenmektedir. Sonraki yıllara ertelendiği veya yeni tezgahlar teklif edildiği durumda, yeni yıl için yeni bir alternatif kümesi olacaktır. Örneğin, 2007 yılında tezgah yatırımları için 3 Milyon ABD Doları tahsis edildiği ve seçilmeyen Tezgah2 ve Tezgah3 projelerinin en yakın 2008 yılına ertelendiği; bunun yanında güncelleme ile 3 tezgahtan (Tezgah9, Tezgah10, Tezgah11) vazgeçildiği ve 2 yeni tezgah (Tezgah12, Tezgah13) teklif edildiği varsayılırsa, daha önce 2008 yılı proje alternatif kümesi A_{2008} aşağıdaki gibi $\bar{A}_{2008}$ ile değişecektir.

$A_{2008} : \{ \text{Tezgah7, Tezgah8, Tezgah9, Tezgah10, Tezgah11} \}$

$\bar{A}_{2008} : \{ \text{Tezgah2, Tezgah3, Tezgah7, Tezgah8, Tezgah12, Tezgah13} \}$

Bu durumda, yeni alternatif kümesi için yeni alternatif performans değerleri elde edilmesi için yeni anketlerin uygulanması gerekecektir. Bunun yanında, eğer kriterlerde bir değişiklik ve tezgah yatırım değerlendirmesini etkileyen önemli gelişmeler olmamış ise, daha önce belirlenmiş olan kriter önem ağırlıkları kullanılabilecektir. Aynı kriter önem ağırlıklarının kullanılması, çözüme daha kısa sürede ulaşılmasını sağlayacaktır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma ile, proje tekliflerinin kabul edilebilmesi için bir üst komutanlığın ikna edilmesi, karar için HİBM'ler arasında uzlaşma ile bir değerlendirme yapılması, kişilere bağımlı kararların yerine nesnel ve bilimsel kararların alınması, farklı konumlarda görev yapan uzman personelin dahil olacağı hızlı bir karar verme sürecinin oluşturulması sağlanmıştır.

Çok nitelikli karar verme teknikleri arasından seçim yapmak aynı zamanda çok nitelikli bir karar verme problemidir. Herbir çok nitelikli karar verme tekniğinin uygulanmasında kendilerine özgü problemler yaşanmakta ve elde edilen sonuçlar farklılıklar gösterebilmektedir. Tezgah yatırım projeleri değerlendirme problemi için, *karmaşık problemlerin modellenmesinde kolaylık sağlaması, probleme uygunluğu, teorik altyapısının anlaşılmasındaki kolaylığı, kullanım kolaylığı, grup karar verme sürecine uygunluğu, yaygın olarak kullanılması ve yazılım araçlarının çokluğu* nedenleriyle AHP tekniği tercih edilmiştir. Bu tekniğin tercih edilmesi ile problemde karşılaşılan hem nitel hem de nicel kriterler bir arada modellenebilmiştir. Ayrıca ikili karşılaştırmalar yoluyla nihai kararın kişisel görüşlere olan bağımlılığı azaltılmıştır.

İkili karşılaştırma yargılarındaki sözel *belirsizliği* daha iyi ifade etmek amacıyla, çözüm tekniği olarak AHP'nin bir versiyonu olan Bulanık AHP kullanılmıştır. Bulanık AHP teknikleri arasından da, diğer bulanık AHP yaklaşımlarına göre adımları *nispeten daha kolay, eksik ikili karşılaştırma değerlendirmelerine izin veren, deterministik AHP tekniğine en çok benzerliği olan ve literatürde daha çok uygulaması yer alan Chang (1996)'ın* Mertebe Analiz Yöntemi tercih edilmiştir.

Farklı uzmanların yapmış olduğu değerlendirmeler sonucunda uzlaşılmış kararlara ulaşabilmek amacıyla her bir uzmanın yargı değerlerinin *geometrik ortalaması* alınarak tek bir yargı değeri elde edilmiştir. Bunun yanında, kriterlerdeki karşılaştırma sınırları, alternatif karşılaştırmalarına göre nispeten daha dar olduğu için farklı bulanık karşılaştırma dereceleri kullanılmıştır. Böylece değerlendirmeyi yapan uzmanlar daha rasyonel karşılaştırmalara yönlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçların analizine katkı sağlanması amacıyla, deterministik AHP ile elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Deterministik AHP sonuçlarında ise yine aynı sıralama elde edilmiş ancak her iki çözümde de önem ağırlıkları birbirine çok yakın olan projelerin sıralaması değişmiştir. Yapılan analizde bu sonucun doğmasında en çok *potansiyel katkı* ve bunun altında *harekata katkı* ve *dış bağımlılığa katkı* kriterlerinin etkili olduğu belirlenmiştir. Sonuçların birbirine yakın olması, kullanım avantajlarına sahip Expert Choice gibi deterministik AHP yazılım programlarının benzer problemlerde kullanılabileceğini göstermiştir. Bunun yanında, Bulanık AHP yöntemi deterministik AHP yöntemine göre daha net sıralamalar oluşturmuştur. Bu sonuç, bulanık AHP'nin, karar vericinin belirsiz yargılarını daha rasyonel ifade ettiği görüşünü desteklemektedir.

Kriter önem ağırlıklarındaki değişimlerin nihai önem ağırlıklarını ne kadar değiştirdiğini tespit etmek amacıyla yapılan duyarlılık analizi sonuçlarına göre, sıralama, en fazla *potansiyel katkı* ve *ekonomiklik* kriterlerine; en az *risk* ve *teknoloji* kriterlerine duyarlıdır. Alt kriter açısından ise, sonuçlar en fazla *harekat katkı* kriterine duyarlıdır. Bu nedenle potansiyel katkı ve özellikle harekat katkı kriterlerinin önem derecesinin belirlenmesi veya alternatiflerin bu kriterlere göre karşılaştırılmasında anket değerlendirmelerine dikkat edilmesi gerekmektedir.

Çalışmada ayrıca *tezgah yatırım projelerinin önceliklendirilmesi* olarak belirlenen amaç, *projeler arasından bütçe kısıtı altında seçim yapmak* olarak genişletilerek, faydanın ençoklanması amaç fonksiyonu ve bütçe kısıtını içeren bir 0-1 tamsayılı programlama modeli oluşturulmuştur. Proje maliyetlerinin biliniyor olmasının yanında; önem ağırlıkları, daha önce elde edilen sonuçlardan alınmış ve bütçe için belirli bir değer atanmıştır. Ençoklama yönteminde, bütçe sınırına ulaşıncaya kadar sıradan proje seçimi yapılması yönteminden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Genel itibarıyla kamu kurumlarında karar verme sürecinde, bütçe değerlendirmesi dışında, modellenemeyen politik, stratejik ve taktik değerlendirmelere ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu nedenle, daha üst karar vericilere girdi olması açısından öncelikle belirli bir ön sıralamanın yapılması daha kullanışlı olacaktır. Bunun

yanında ençoklama modeli ile elde edilen seçim sonuçları ise, karar vericilere fikir vermesi ve diğer değerlendirmeler sonucu elde edilen seçimler ile karşılaştırma yapılmasına imkan vermesi açısından değer kazanmaktadır.

Karar verici mekanizma içindeki personel farklı uzmanlık alanlarından gelmeleri nedeniyle karar verme aracının kolay anlaşılır ve uygulanabilir olması önem kazanmaktadır. AHP yönteminin ve aynı zamanda Expert Choice programının getirdikleri kullanım, analiz ve görsel avantajlar bu çalışma için ön plana çıkmıştır. Bu programın kullarımdaki kolaylığı ve anlaşılabilirliğinin, AHP tekniğine eleştiri olarak ikili karşılaştırmalarda yaşandığı belirtilen zaman kaybını azalttığı görülmüştür.

Anket uygulanacak grubun genişletilmesinde, kişilerin uzmanlıklarına, konuya yakınlıklarına, konuya ilgilerine, analitik düşünmeye yatkınlıklarına, yetkili ve sorumlu olmalarına, zamanlamaya ve iş yoğunluğuna dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada anket uygulaması, konusunda uzman olan altı personel ile gerçekleştirilmiştir. Tutarlı yargıların elde edilmesi konusunda, görüşü alınan kişilerin anket uygulaması için uygun olduklarını göstermiştir. Gereğinden fazla sayıda ve uygun olmayan kişilerin yapacağı değerlendirmeler ile varılacak sonuçların gerçekçi olmayacağı değerlendirilmektedir.

Sağlıklı değerlendirmeler yapabilmek için anketlerin doğru ve doyurucu şekilde doldurulmasını sağlamak gerekmektedir. Bununla birlikte, özellikle askeri kurumlarda gerçekleştirilen anket uygulamaları için, bilgi güvenliği ve kişilerin anketi güvenle doldurması önem kazanmaktadır. Kişiler, ortaya koyacakları görüşlerin ve değerlendirmelerin güvenli olarak kullanılmasını istemektedirler. Bu nedenle, yapılan çalışmanın amacının çok iyi anlatılması gerekmektedir. Bu çalışmada anketlerin doldurulmasına birebir nezaret edilmiştir. Bununla, anketteki uygulama amacının, metodolojisinin, argümanlarının ve bilgi formlarının detaylı, doğru, anlaşılır ve ikna edici doldurulmasının kendi tekliflerinin aday projeler arasında ön plana çıkmasında etkili olacağı hususunun iyi anlatılması sağlanmıştır.

Yapılan çalışma ile, daha önce detaylı bir şekilde ele alınmamış olan tezgah yatırım projelerinin değerlendirilmesi için etkili hedefler ve kriterler, hiyerarşik bir yapıda modellenmiştir. Daha önemlisi, elde edilen kriter önem ağırlıklarına göre kriter yapısının yeniden belirlenmesi ile, proje bilgi formlarının hazırlanması ve anketlerin doldurulmasında harcanan zamanı kısaltma konusunda önemli faydalar sağlayacaktır.

Bu çalışma *statik* olarak yalnızca 2007 yılı teklifi olan 6 adet proje için yapılmış ve diğer yıllar için statik değerlendirmenin nasıl yapılacağı belirtilmiştir. Değerlendirmeye yeni projelerin ilave edilmesi, bütçe kısıtından dolayı sonraki yıllara erteleme veya iptallerinin yaşanabildiği durumlar için ileride yapılacak çalışmalarda *dinamik* boyut kazandırmak ve dinamik bir model oluşturmak gerekecektir.

Yapılan çalışmanın daha sonra farklı bir özel sektör firmasının tezgah yatırım proje değerlendirmesinde kullanılabilmesi için, yapıya uygun kriterlerin belirlenmesi en önemli safha olacaktır. Örneğin, bu çalışmada kullanılan harekata olan katkı ve dış bağımlılığı azaltmaya olan katkı gibi kriterler askeri bir kuruma ait önemli kriterlerdir. Ancak sivil rekabetçi bir firmada piyasa gücünü elde etme, ürünlerin çeşitlendirilmesi, farklılaşma veya maliyetlerin düşürülmesi birinci planda olmaktadır.

Yapılan çalışmada proje değerlendirme temel alındığı için, Hava Kuvvetleri kurumları içindeki sonraki proje kararlarında kullanılabilecektir. Ayrıca, bu çalışmadaki analitik tekniklerin daha sonra Hava Kuvvetleri lojistik sistemi içindeki HİBM'lerin performanslarının değerlendirilmesi ve karşılaştırılması, personel performans değerlendirme, ARGE proje yatırım değerlendirilmesi, tedarikçi seçimi, teknoloji seçimi, inşaat yatırım önceliklendirme gibi bir çok karar verme probleminin çözümünde kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Eren, E., “İşletmelerde Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası 1 nci Baskı”, **Der Yayınları**, İstanbul, 12 (1997).
2. Kıvrak, E., “Karar vermede çok kriterli yaklaşım ve analitik hiyerarşi yöntemi”, Yüksek Lisans Tezi, **Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Ankara, 2-69 (2001).
3. Harcar, T., “Silahlı Kuvvetlerde Karar Verme 1 nci Baskı”, **K.H.O Yayınları**, Ankara, 9-12 (1992).
4. Harold, B.J.R., “Quantitative Analysis for Business Decisions 4th Edition”, **Richard D.Irwin Inc.**, Homewood, Illionis, 19 (1973).
5. Himmetoğlu, B.A., “Karar Verme Yeteneğini Geliştirme 3 ncü Baskı”, **Karınca Yayınları**, İzmir, 23-25 (1971).
6. Stoner, J.A.F. ve Freeman, R.E., “Management 2nd Edition”, **Printice Hall**, New Jersey, 37-39 (1989).
7. Özden, K., “Yöneylem Araştırması 2 nci Baskı”, **H.H.O Yayınları**, İstanbul, 8-10 (1989).
8. Evren, R. ve Ülengin, K., “Yönetimde Karar Verme 1 nci Baskı”, **İTÜ Yayınları**, 1478 (1992).
9. Türkbey, O., “Çok amaçlı makine sıralama problemi için bir bulanık güçlü metod”, **DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, 5(3):81-98 (2003).
10. Loi, Y.J. ve Hwang, C.L., “Fuzzy Multiple Objective Decision Making 2nd Edition”, **Oxford**, London, 56-84 (1994).
11. Clemen, R.T., “Making Hard Decisions 3rd Edition”, **Duxbury Press**, California, 34 (1991).
12. Çelikyay, S., “Çok amaçlı savaş uçağı seçiminde çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 3-39 (2002).
13. Topçu, Y.İ., “Çok ölçütlü sorun çözümüne yönelik bir bütünleşik karar destek modeli”, Doktora Tezi, **İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 52-55 (2000).
14. Keeney, R.L. ve Raiffa, H., “Decisions with Multiple Objectives: Performances and Value Trade-Offs 1st Edition”, **John Wiley**, New York, 45-59 (1976).

15. Steuer, R. E., "Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation and Application 3rd Edition", **Wiley**, New York, 27-89 (1986).
16. Triantaphyllou, E., "Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study 1st Edition", **Kluwer Academic Publishers**, Boston, 74-86 (2000).
17. Tabucanon, M. T., "Multiple Criteria Decision Making In Industry 2nd Edition", **Elsevier**, New York, 12-107 (1988).
18. Fuller, R. ve Carlsson, C., "Fuzzy multiple criteria decision making: recent developments", **Fuzzy Sets and Systems**, 78: 139-153 (1996).
19. Sayın, S., "Çok ölçütlü karar verme: yöntemlere bir bakış", **Endüstri Mühendisliği**, 7 (5): 10-17 (1996).
20. Saaty, T. L., "The Analytic Hierarchy Process 4th Edition", **McGraw-Hill Book Co.**, New York, 9-126 (1980).
21. Hwang, C. L ve Yoon, K., "Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications 3rd Edition", **Springer-Verlag**, Berlin, 34-89 (1980).
22. Fülöp, J., "Introduction to decision making methods ", **Hungarian Academy**, 1-15 (2005).
23. Şen, Z., "Bulanık mantık ve modelleme ilkeleri 3 ncü Baskı", **Bilge Yayınevi**, İstanbul, 7-28 (2001).
24. Tsaur, S. H., Chang, T. Y. ve Yen, C. H., " The evaluation of airline service quality by fuzzy mcdm", **Tourism Management**, 107-115 (2002).
25. Kahraman ve ark., "Applications of fuzzy sets in industrial engineering: a topical classification", **StudFuzz**, 201, 1-55 (2006).
26. Terano, T., "Fuzzy Systems Theory and Its Applications 3rd Edition", **Academic Press**, Boston, 55 (1992).
27. Aktaş, H. ve Çağman, N., "Bulanık ve yaklaşımlı kümeler", **Çankaya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Journal of Arts and Sciences**, 3 (2): 33-42 (2005).
28. Tang Y.C. ve Beynon M.J., "Application and development of a fuzzy analytic hierarchy process within a capital investment study", **Journal of Economics and Management**, 207-230 (2005).
29. Vaidya O.S. ve Kumar, S., "Analytic hierarchy process: an overview of applications", **European Journal of Operational Research**, 1–29 (2006).

30. Forman, E. ve Selly, M. A., "Decision by Objectives 2nd Edition", *Expert Choice Inc.*, Pittsburgh, 1-15, 22-26 (2000).
31. Peterson, D., Schmoldt, D. ve Silsbee, D., "A case study of resources management planning with multiple objectives and projects." *Environmental Management*, 18(5): 729-742 (1994).
32. Deschaine, L. M., Breslau, B., Ades, M. J., Selg, R. A. ve Saaty, T. L., "Decision support software to optimize resource allocation: theory and case history.", *The Society for Computer Simulation – Simulators International*, 15:139-144 (1998).
33. Carpenter, D. K. ve Ebner, D. J., "Using software applications to facilitate and enhance strategic planning", Çalışma Raporu, *Naval Postgraduate School*, Monterey, CA, 1-12 (1993).
34. Brenner M.S., "Air products and chemicals, inc., tactical r&d project prioritization", *Research Technology Management*, 67-69 (1994).
35. Ridgley M.A., "Selection of water-supply projects under drought", *Journal of Environmental Systems*, 231-235 (1991b).
36. Suh, C.K., Suh, E.H. ve Baek, K.C., "Korean telecommunication division project prioritization, forecasting and resource allocation" *IEEE Transactions on Engineering Management*, 346-354 (1994).
37. Stam, A., Minghe, S. ve Haines, M., "Artificial neural network representations for hierarchical preference structures", *Computers and Operations Research*, 1191 -1201 (1996).
38. Weck, M., Klocke, F., Schell, H. ve Rüenauver, E., "Evaluating alternative production cycles using the extended fuzzy ahp method", *European Journal of Operational Research*, 351 -366 (1997).
39. Cvetkovic, D., Manic, M., Prascevic, M. ve Milutinovic, S., " Acoustic comfort optimization of industrial hale using intelligent technology", *Working and Living Environmental Protection*, 9-18 (1999).
40. Cheng, C. H., Yang, K. L. ve Hwang, C. L., "Evaluating attack helicopters by ahp based on linguistic variable weight", *European Journal of Operational Research*, 423 -435 (1999).
41. Chan, F. T. S., Chan, M. H. ve Tang, N. K. H., "Evaluation methodologies for technology selection", *Journal of Materials Processing Technology*, 330–337 (2000).

42. Chou, T. Y. ve Liang, G. S., “ Application of a fuzzy multicriteria decision making model for shipping company performance evaluation”, *Maritime Policy and Management*, 375-392 (2001).
43. Sohn, K. Y., Yang, J.W. ve Kang, C.S., “ Assimilation of public opinions in nuclear decision making using risk perception”, *Annals of Nuclear Energy*, 553-563 (2001).
44. Kuo, R. J., Chi, S. C. ve Kao, S. S., “ A decision support system for selecting convenience store location through integration of fuzzy ahp and artificial neural network”, *Computers in Industry*, 199 -214 (2002).
45. Rong, C., Takashi, K. ve Wang, J., “ Enterprise waste evaluation using the analytic hierarchy process and fuzzy set theory”, *Production Planning and Control*, 90-103 (2003).
46. Shamsuzzaman, M., Ullah, A. M. M. S. ve Bohez, E. L. J., “ Applying linguistic criteria in fms selection: fuzzy set ahp approach”, *Integrated Manufacturing Systems*, 247-254 (2003).
47. Cheng, J. Z., Chen, P. T. ve Yu, H. C. D., “ Establishing a man access strategy for future broadband service: a fuzzy mcdm analysis of sonet/sdh and gigabit ethernet”, *Science Direct*, 98-117 (2004).
48. Huang, C.C., Chu, P.Y. ve Chiang, Y.H., “A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection”, *Omega*, 736-748 (2006).
49. Kreng, V.B. ve Wu, C.Y., “ Evaluation of knowledge portal development tools using a fuzzy ahp approach: the case of taiwanese stone industry”, *European Journal of Operational Research*, 213-226 (2005).
50. Kang, H.Y. ve Lee, A.H.I., “Priority mix planning for semiconductor fabrication by fuzzy”, *Expert Systems with Applications*, 560–570 (2007).
51. Hwang, H.J. ve Hwang, H.S., “Computer-aided fuzzy-ahp decision model and its application to school food service problem”, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 87-96 (2006).
52. Wang Y.M., Elhag, T.M.S. ve Hua, Z., “A modified fuzzy logarithmic least squares method for fuzzy analytic hierarchy process”, *Fuzzy Sets and Systems*, 3055-3071 (2006).
53. Altınöz, C., “Supplier selection in textiles: a fuzzy approach”, Doktora Tezi, *North Carolina State University*, Raleigh, USA, 4-5 (2001).

54. Feng, D., Chen, L. ve Jiang, M. "Vendor selection in supply chain system: an approach using fuzzy decision and ahp", *Proceedings of ICSSM'05 International Conference on Services Systems and Services Management*, Changqing, China, 721-725 (2005).
55. Haq, A.N. ve Kannan, G. "Fuzzy analytical hierarchy process for evaluating and selecting a vendor in a supply chain model", *Introduction Journal of Advanced Manufacturing Technologies*, 826-835 (2006).
56. Chang, D.Y., "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*, 95: 649–655 (1996).
57. Kwong, C.K. ve Bai, H. "Determining the importance weights for the customer requirements in qfd using a fuzzy ahp with an extent analysis approach", *IEEE Transactions*, 619-626 (2003).
58. Kahraman, C., Cebeci, U. ve Ulukan, Z., "Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP", *Logistics Information Management*, 382-394 (2003).
59. Kahraman, C., Cebeci, U. ve Ruan, D., "Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy ahp: the case of Turkey", *International Journal of Production Economics*, 171–184 (2004).
60. Bozdağ, C. E., Kahraman, C. ve Ruan, D., "Fuzzy group decision making for selection among computer integrated manufacturing systems", *Computers in Industry*, 13–29 (2003).
61. Büyüközkan, G., "Multi-criteria decision making for e-market selection", *Internet Research*, 14 (2): 139-154 (2004).
62. Büyüközkan, G., Kahraman, C. ve Ruan, D., "A fuzzy multi-criteria decision approach for software development strategy selection", *International Journal of General Systems*, 259–280 (2004).
63. Bozbura, F.T. ve Beskese, A., "Prioritization of organizational capital measurement indicators using fuzzy ahp", *International Journal of Approximate Reasoning*, 44: 124–147 (2007).
64. Bozbura, F.T., Beskese, A. ve Kahraman, C., "Prioritization of human capital measurement indicators using fuzzy ahp", *Expert Systems with Applications*, 1-13 (2007).
65. Akman, G. ve Alkan, A., "Tedarik zinciri yönetiminde bulanık ahp yöntemi kullanılarak tedarikçilerin performansının ölçülmesi: otomotiv yan sanayiinde bir uygulama", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23-46 (2006).

66. Chan, F.T.S. ve Kumar, N., “Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended ahp-based approach”, *Omega*, 35 (4): 417-431 (2007).
67. Güner, H., “Bulanık ahp ve bir işletme için tedarikçi seçimi problemine uygulanması”. Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 78-91 (2005).
68. Erensal , Y.C., Öncan, T. ve Demircan, M.L., “Determining key capabilities in technology management using fuzzy analytic process: a case study of Turkey”, *Information Sciences*, 2755–2770 (2006).
69. Kahraman, C., “Yatırım projeleri değerlendirmede çok kriterli yöntemler”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 8-10, 125-139 (1990).
70. Gabriel, S.A., Kumar, S., Ordonez, J. ve Nasserian A., “A multiobjective optimization model for project selection with probabilistic considerations”, *Socio-Economic Planning Sciences*, 78-91 (2005).
71. Güvemli, O., “Yatırım Projelerinin Düzenlenmesi ve Değerlendirilmesi 4ncü Baskı”, *Bilim Teknik Yayınevi*, İstanbul, 16-19 (1990).
72. Chen, S.J. ve Hwang C.L., “Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications 2nd Edition”, *Springer-Verlag*, Berlin, 23-56 (1991).
73. Kolli, S., Wilhelm, M.R., Parsei, H.R. ve Liles, D.H., “A classification scheme for advanced automated manufacturing systems”, *Economic and Financial Justification of Advanced Manufacturing*, 165-187 (1992).
74. Hwang, C.L. ve Masud, A.S.M., “Multiple Objective Decision Making-Methods and Applications, a State of the Art Survey ”, *Springer-Verlag*, Berlin, 56-78 (1979).
75. Linkov, I., Varghese, A., Jamil, S., Seager, T.P., Kiker, G. ve Bridges, T., “Multi-Criteria Decision Analysis: A Framework for Structuring Remedial Decisions at Contaminated Sites, Comparative Risk Assessment and Environmental Decision Making 1st Edition” , *Kluwer*, New York, 15-54 (2004).
76. Keeney, R.L. ve Raiffa, H., “Decisions with Multiple Objectives: Performances and Value Trade-Offs 1st Editon”, *John Wiley*, New York, 60 (1976).
77. Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J. ve Sorenson, K., “Guidebook to Decision-Making Methods 2nd Edition”, *Department of Energy*, Washington, 12-76 (2002).

78. Saaty, T. L., "Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process", *Management Science*, 32: 841-855 (1986).
79. Forman, E. H., "Ideal and distributed synthesis modes for the analytic hierarchy process", *George Washington University Working Paper*, 21-34 (1993).
80. Harker, P. T., "The art and science of decisionmaking: The analytic hierarchy process.", The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies 2nd Edition, Golden, B. L., Wasil, E. A. ve Harker, P. T. (der.), *Springer-Verlag*, 27-38 Berlin, (1989).
81. Öz, A. H., "Multiple criteria model approach in selection of training aircraft", Yüksek Lisans Tezi, *Yeditepe Üniversitesi Fen ve Teknoloji Enstitüsü*, İstanbul, 5-39 (2000).
82. Saaty, T. L., "Remarks on the analytic hierarchy process", *Management Science*, 36(3): 259-268 (1990a).
83. Saaty, T. L., "Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process", *Management Science*, 32: 841-855 (1986).
84. Karaüzüm A., Atsan N., "Analitik hiyerarşi yöntemi ve işletmecilik alanındaki uygulamaları", *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 83-105 (2001).
85. Zahedi, F., "A simulation study of estimation methods in the analytic hierarchy process", *Socio-Economic Planning Sciences*, 20: 347-354 (1986).
86. Lai, V. S., Trueblood, R. P. ve Wong, B.K., "Software selection: a case study of the application of the analytical hierarchical process to the selection of a multimedia authoring system", *Information & Management*, 221-232 (1999).
87. Dyer, R. F. ve Forman, E. H., "Group decision support with the analytic hierarchy process", *Decision Support Systems*, 8: 199-124 (1992).
88. Belton, V. ve Gear, T. "On a short-coming of saaty's method of analytic hierarchies", *Omega*, 11: 228-230 (1983).
89. Qureshi, M.E. ve Harrison, S.R., "Application of the analytic hierarchy process to riparian revegetation policy options", *Small-scale Forest Economics, Management and Policy*, 441-458 (2003).
90. Wang, X. ve Triantaphyllou, E., "Ranking irregularities when evaluating alternatives by using some electre methods" *Omega*, 36 (1): 45-63 (2008).
91. Rosenbaum, D. A., "Human Motor Control 3rd Edition", *Academic Press*, San Diego, 76 (1991).

92. Lootsma, F. A., "A revision of basic concepts in multi-criteria decision analysis", *Delft University of Technology Working Paper*, 5-12 (2001).
93. Fishburn, P. C., "Nontransitive preferences in decision theory", *Journal of Risk and Uncertainty*, 4: 113-134 (1991).
94. Pöyhönen, M., Hämäläinen, R.P. ve Salo, A. "An experiment on the numerical modeling of verbal ratio statements", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6: 1-10 (1997).
95. Kuo, M.S., Liang, G.S. ve Huang W.C., "Extensions of the multicriteria analysis with pairwise comparison under a fuzzy environment", *International Journal of Approximate Reasoning*, 268-285 (2006).
96. Leung, L.C. ve Cao, D., "On consistency and ranking of alternatives in fuzzy ahp", *European Journal of Operational Research*, 102–113 (2000).
97. Laarhoven, P.J.M. ve Pedrycz W., "A fuzzy extension of saaty's priority theory", *Fuzzy Sets and Systems*, 229–241 (1983).
98. Buckley, J.J., "Fuzzy hierarchical analysis", *Fuzzy Sets and Systems*, 233–247 (1985)
99. Xu, R., "Fuzzy least square priority method in the analytic hierarchy process", *Fuzzy Sets and Systems*, 395-404 (2000).
100. Mikhailov, L., Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgements, *Fuzzy Sets and Systems*, 365 -385 (2003).
101. Cheng, C.H., "Evaluating naval tactical missile systems by fuzzy ahp based on the grade value of membership function", *European Journal of Operational Research*, 343–350 (1996).
102. Lee, M., Pham, H. ve Zhang, X., "A methodology for priority setting with application to software development process", *European Journal of Operational Research*, 118: 375–389 (1999).
103. Gu, X. ve Zhu, Q., "Fuzzy multi-attribute decision-making method based on eigenvector of fuzzy attribute evaluation space", *Decision Support Systems*, 400-410 (2006).
104. Boender, C.G.E., Grann, J.G. ve Lootsma, F.A., "Multicriteria decision analysis with fuzzy pairwise comparison", *Fuzzy Sets and Systems*, 133–143 (1980).
105. Enea, M. ve Piazza T., "Fuzzy optimization and decision making", *Kluwer Academic Publishers*, 3:39–62 (2004).

106. Lee, A.H.I., Chen, W.C. ve Chang, C.J., “A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of it department in the manufacturing industry in Taiwan”, *Expert Systems with Applications*, 24-26 (2006).
107. Zhu, K.J., Jing, Y. ve Chang D.Y., “A discussion on extent analysis method and applications of fuzzy AHP”, *European Journal of Operational Research*, 116: 450-456 (1999).

EKLER

EK- 1. Tezgah bilgi formu örneği

EK- 2. Kriter ikili karşılaştırma anketi örneği

EK- 3. Alternatif ikili karşılaştırma anketi örneği

ÖZGEÇMİŞ

EK- 1. Tezgah Bilgi Formu Örneği

TEZGAH BİLGİ FORMU

Tezgah/teçhizat adı :

HİBM :

Müdürlük:

Atölye :

İhtiyaç Yılı:

Fiyatı:

Soruların altındaki şıklar rehber olması amacıyla verilmiştir. Açıklamaları veri ve bilgilerle detaylandırınız.

1 Alternatif kaynaklardan ihtiyaç giderilebilir mi? Alternatif ekonomik, etkin, emniyetli mi?

Vardiya düşünülmüş mü?
Mevcut tezgahlar için etkin bir iş planlaması yapılmış mı?
Mevcut tezgahların modifiye edilmesi ile ihtiyaç giderilebilir mi?
Atıl durumda beklediği başka bir HİBM/atölyeden temin edilebilir mi?
İş başka bir HİBM'de yaptırılabilir mi?
Dış kaynak kullanımı ile mal ve hizmet alımı yapılabilir mi?

2 İlk defa mı teklif ediliyor? Daha önce teklif edilmiş ise revize tarihi nedir?

3 Tedarik edilecek tezgah hangi üretim faaliyetinde kullanılacaktır?

a. Planlı bakım / Ünite onarıma yönelik imalat
b. Direkt kullanılmak üzere imalat
c. Planlı Bakım
d. Ünite Onarım
e. Plansız ekip
f. ARGE/Etüt
g. Revizyon
h. Modernizasyon
ı. Kalibrasyon

EK- 1. (Devamı) Tezgah Bilgi Formu Örneği

4 Atölyede hangi faaliyet yoğun olarak yürütülmektedir?

5 Atölyenin/Md.lüğün/HİBM'in İK/RTK durumu nedir?

6 Atölyenin/Md.lüğün/HİBM'in toplam iş yükü içindeki payı nedir?

7 İlgili HİBM/atölyenin misyon ve vizyonu doğrultusunda istenen/planlanan/belirlenen üretim yapısı ile uygunluğu nasıldır?

8 Doktrin/Direktif/Emirler ile desteklenebiliyor mu? İlgili dokümanları belirtiniz.

9 İdame işletme ihtiyaçlarına yönelik olarak yurt dışından tedarik edilen ve tedarikinde sorun yaşanmayan 500 \$ altındaki malzemelerin(kritik malzeme hariç) imali amacıyla ilave yatırım gerektiren tezgah/teçhizatlar kapsamına mı girmektedir?

10 Hv.K.K.ıgı 2007-2008-2009 Bütçe Hazırlama Direktifinde belirtilen OYTEP bütçesi kaynak planlaması proje öncelik sıralamasında hangi kapsamda değerlendirilmelidir?

11 Yürütülen mevcut yatırım projeleriyle(gerçekleştirilen, OYTEP, SHP aşamasında olabilir) ilgili midir?/ uyumlu mudur?

12 Yürütülen ARGE/üretim projeleri kapsamında kullanılacak mıdır? Kaç çeşit proje ile ilgilidir?

13 Tezgahın kullanılacağı atölye hangi sistemlere yönelik çalışmaktadır? Harekata etkisi nedir?

14 Kullanılacak tezgah/teçhizat İK/RTK'daki kaç çeşit ürünü etkilemektedir?

15 Etkilediği ürünler toplamı içinde MİCAP'a düşme ihtimali yüksek ünitelerin oranı nedir?

EK- 1. (Devamı) Tezgah Bilgi Formu Örneği

16 Niçin tedarik edilmelidir? (Birden fazla gerekçe olabilir)

Süreklilik	Üretim hattı akışını bozmamak
Kapasite Artırma	İhtiyacın artması nedeniyle mevcut kapasiteyi artırmak
Hız	Bir görevin yerine getirilmesi amacıyla üretim hızını artırmak
Kalite	Ürün kalitesini veya hassasiyet derecesini artırmak
Kabiliyet Kazanma	Envantere yeni giren bir sistem için yeni kabiliyet kazanmak
	ARGE sonucu Kabiliyet Kazanma
Emniyet	Emniyeti artırmak: İnsan ve çevre sağlığını korumak, kaza kırımı azaltmak
Esneklik	Ani talep değişikliklerine ayak uydurmak

17 Tedarik edilmezse VEYA belirtilen ihtiyaç yılından sonra tedarik edilirse ne kaybedilir?

18 Yurt içi piyasa bağımlılığı azaltmada ne derece etkilidir?(İç piyasaya verilmesini engellediği ürünlerin yıllık parasal değeri)

19 Yurt dışı bağımlılığı azaltmada ne derece etkilidir?(Yurtdışı piyasaya verilmesini engellediği ürünlerin yıllık parasal değeri)

20 Kazanılacak kabiliyet Türkiye'de/Dünyada kaç firmada bulunmaktadır? Piyasa yoğunluğu nasıldır?

21 Kuvvetler Arası İşbirliği/ Protokol kapsamında rekabet gücü sağlamakta mıdır?

22 Döner Sermaye kapsamında kazanç getirmekte/getirecek midir?

23 Tezgah/teçhizatın ekonomik ömrü nedir?

24 Ekonomik ömrüne göre Geri Ödeme Süresi nedir?

Kendini Kurtarma Süresi = Tezgah Fiyat / Yıllık Getiri / Ekonomik Ömür
* Yıllık Getiri = $\sum$ ürün satış fiyatı * yıllık adet * kapasite ağırlık
** Etkilediği bütün ürünler (tezgahın olmazsa olmaz kullanıldığı bütün İK/RTK ve yeni kazanılacak kabiliyetler) ve tezgah kapasite ağırlığı (örneğin, aynı tezgahtan daha önce 1 adet varsa kapasite ağırlık 0.5 olacaktır.) göz önünde bulundurulacaktır.
*** Net fiyat tespit edilemiyorsa, tahmini fiyatlar kullanılacaktır.

EK- 1. (Devamı) Tezgah Bilgi Formu Örneği

25 Kullanım yoğunluğu ne olacaktır? Kullanım oranı(atölyedeki tezgahların ort. kullanım oranına göre) nedir?

26 Yerine kullanılacağı tezgahın değerlendirilebilirliği nedir?

*Açığa çıkan tezgah bulunmamaktadır.
a.Hurda değerinden her an satılabilir.
b.Değerinden satılabilir.
c.Hibe edilebilir.
d.Başka birim/birlik kullanabilir.
e.Kal edilmesi gerekir.

27 Envanterden çıkacağı zaman değerlendirilebilirliği nedir?

28 Kullanılacak atölyenin mlz.hariç işletim birim maliyeti(işçilik, indirekt malzeme,idari, amortisman) nedir?

29 İlgili HİBM'deki aktiflerin verimliliği(1 \$ yatırıma karşılık sağlanan kâr miktarı) % kaçtır?

30 Tedarikten önce ihtiyacın ortadan kalkma (ilgili projenin iptali, ARGE'nin olumsuz kapanması, vb.) riski var mıdır?

31 Planlanan yılda tedarik edilememe riski var mıdır?

a. Yurt dışı kaynaktan tedarik söz konusu mudur?
b. Tedarik tek/iki/çoklu kaynaktan mı yapılacaktır?
c.Tedarik şekli nasıl olacaktır?
ç.Teknik şartnamesi Türkçe/İngilizce hazır, onaylanmış, çoğaltılmış mıdır?
d. İhale ve muayene dokümanları (İdari şartnameye girmesi gereken hususlar vb.) hazırlanmış mıdır?
e. Muayene şartları kısıtlı olduğundan muayenesi uzun sürme riski var mı?

32 İdame ettirmek için şartlar uygun mudur (Altyapı, Teşkilat, Personel, Eğitim, Kalibre vb.)?

EK- 1. (Devamı) Tezgah Bilgi Formu Örneği

33 Garanti Süresi nedir? (Ekonomik ömrüne oranlayarak)

34 İmalat teknolojilerinden hangisine girmektedir?

Talaşlı İmalat Teknolojileri	Torna-Freze-Taşlama-EDM
Sac İşleri ve Montaj Teknolojileri	Kesme/Bükme-Presleme-Montaj -Boru/Hortum
Sıcak İşler Teknolojileri	Kaynak-Isıl İşlem-Döküm-Dövme
Yüzey Hazırlama Teknolojileri	Kaplama-Boya-Kumlama
Kompozit Teknolojileri	Lastik-Termo Plastik-Balistik-CTP-Vakumlama
Tekstil Teknolojileri	Paraşüt-Polyester Esaslı Kumaşlar

35 Teknolojik olarak piyasadaki tezgahlara göre hangi seviyededir?

En son teknolojiye sahiptir (2000'li yıllar).	Dünyada sınırlı firmada bulunmaktadır.
Kritik teknolojidir.	Türkiye'de ilk defa kullanılacaktır.
Yeni ve ileri teknolojiye sahiptir(1990'lı yıllar).	Türkiye'de sınırlı firmada bulunmaktadır.
Eski teknolojiye sahiptir ama demode değildir.	Piyasada en yaygın kullanılan teknolojidir.
Demode teknolojidir.	Piyasada artık çok kullanılmamaktadır.

36 Atölyedeki Tezgahların Model Dağılımı nedir?

37 Teknolojik ömrü nedir?

38 Teknoloji seviyesi ihtiyacın giderilmesi için yeterli midir? İhtiyaca göre daha ileri bir teknolojiye mi sahiptir?

39 Çok yönlü kullanılabilir mi? Başka bir çeşit tezgahın operasyonunu da yapabiliyor mu? Yapabildiği operasyon çeşit sayısı nedir?

40 Konfigürasyonu yeni kabiliyetler söz konusu olduğunda geliştirilebilirliğe(update, modifikasyon) uygun mudur?

41 Teknoloji transferi sağlama durumu nasıldır?

EK- 2. (Devamı) Kriter ikili karşılaştırma anketi örneği

4. EKONOMİKLİK kriteri için alt kriterler birbirlerine göre ne kadar önemlidirler?

EKONOMİKLİK	KRİTER	Tamamen Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Önemli	Eşit	Eşite Yakın Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Önemli	KRİTER
1	Ekonomik Ömür												Geri Ödeme
2	Ekonomik Ömür												Kullanım
3	Ekonomik Ömür												Atölye Etkinlik
4	Geri Ödeme												Kullanım
5	Geri Ödeme												Atölye Etkinlik
6	Kullanım												Atölye Etkinlik

5. RİSK kriteri için alt kriterler birbirlerine göre ne kadar önemlidirler?

RİSK	KRİTER	Tamamen Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşite Yakın Önemli	Eşit	Eşite Yakın Önemli	Biraz Daha Önemli	Çok Daha Önemli	Pek Çok Daha Önemli	Tamamen Önemli	KRİTER
1	İhtiyaç İptal												Tedarik
2	İhtiyaç İptal												İdame
3	Tedarik												İdame

EK- 2. (Devamı) Kriter ikili karşılaştırma anketi örneği

6. TEKNOLOJİ kriteri için alt kriterler birbirlerine göre ne kadar önemlidirler?

[illegible]

EK-3. Alternatif ikili karşılaştırma anketi örneği

ALTERNATİF İKİLİ KARŞILAŞTIRMA ANKETİ*

1. Üretim Etkinlik Katkı alt kriteri için tezgah alternatifleri birbirlerine göre ne kadar önemlidirler?

ALTERNATİF KAYNAK	ALTERNATİF	Tamamen Önemli	Çok Kuvvetli Önemli	Kuvvetli Önemli	Biraz Daha Önemli	Eşit	Biraz Daha Önemli	Kuvvetli Önemli	Çok Kuvvetli Önemli	Tamamen Önemli	ALTERNATİF
1	TEZGAH1										TEZGAH2
2	TEZGAH1										TEZGAH3
3	TEZGAH1										TEZGAH4
4	TEZGAH1										TEZGAH5
5	TEZGAH1										TEZGAH6
6	TEZGAH2										TEZGAH3
7	TEZGAH2										TEZGAH4
8	TEZGAH2										TEZGAH5
9	TEZGAH2										TEZGAH6
10	TEZGAH3										TEZGAH4
11	TEZGAH3										TEZGAH5
12	TEZGAH3										TEZGAH6
13	TEZGAH4										TEZGAH5
14	TEZGAH4										TEZGAH6
15	TEZGAH5										TEZGAH6

* 15 adet alt kriter için aynı anket uygulanmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KAPLAN, Sezgin
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 29.03.1978 Uşak
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 298 41 23
Faks : 0 (312)
e-mail : sezginkaplan64@yahoo.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Hacettepe Üniversitesi /İktisat Bölümü	2004
Lisans	Bilkent Üniversitesi/ Endüstri Mühendisliği Bölümü	2000
Lise	İzmit Mimar Sinan Lisesi	1996

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2002-2007	Hava Kuvvetler Komutanlığı	Subay

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca.

Hobiler

Müzik, Kitap, Futbol, Basketbol, Satranç.