

**BULANIK AKSİYOMATİK TASARIM YAKLAŞIMI İLE HİYERARŞİK BİR
TEDARİKÇİ SEÇİM MODELİ**

Bedriye ÖZEL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2007

ANKARA

Bedriye ÖZEL tarafından hazırlanan BULANIK AKSİYOMATİK TASARIM İLE HİYERARŞİK BİR TEDARİKÇİ SEÇİM MODELİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK

.....

Tez Danışmanı, Endüstri Mühendisliği A.B.D.

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

Prof. Dr. Zülal GÜNGÖR

.....

Endüstri Mühendisliği A.B.D., G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK

.....

Endüstri Mühendisliği A.B.D., G.Ü.

Prof. Dr. Hasan BAL

.....

İstatistik A.B.D., G.Ü.

Tarih: 28/12/2007

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.

Bedriye Özel

**BULANIK AKSİYOMATİK TASARIM YAKLAŞIMI
İLE HİYERARŞİK BİR TEDARİKÇİ SEÇİM MODELİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Bedriye ÖZEL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Aralık 2007

ÖZET

Bu çalışmada, bir beyaz eşya üretici firması için tedarikçi firma seçimi problemi ele alınmış ve problemin çözümü için Aksiyomatik Tasarım (AT, Axiomatic Design) yaklaşımı önerilmiştir. AT karar verme sürecinde hem nicel hem de nitel kriterlerin dikkate alınmasını gerektiren problemlerin çözümünde kullanılabilecek çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden birisidir. Bu çalışmada AT'nin Bilgi aksiyomuna dayanarak karar verici açısından önemli kriterler temelinde tasarlanan hiyerarşik bir tedarikçi seçim modeli ile alternatif tedarikçiler arasından minimum bilgi içeriğine sahip olan tedarikçi firmanın seçimine yönelik bir uygulama yapılmıştır. Tedarikçi seçim sürecini etkileyen kriterlerin bir kısmı sayısal verilerle ifade edilemediği için değerlendirme üçgensel bulanık sayılar ile yapılmış ve değerlendirmede bulanık AT kullanılmıştır. Ayrıca kriterlerin kendi aralarında önceliklerinin olduğu durum göz önüne alınarak Ağırlıklı Bulanık AT kullanılmış ve her iki yöntemin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Bilim Kodu : 906.1.141

Anahtar Kelimeler : Tedarikçi seçimi, çok kriterli analiz, bulanık aksiyomatik tasarım, bilgi aksiyomu

Sayfa Adedi : 101

Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK

**A HIERARCHICAL SUPPLIER SELECTION MODEL WITH
FUZZY AXIOMATIC DESIGN APPROACH**

(M.Sc. Thesis)

Bedriye ÖZEL

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

December 2007

ABSTRACT

In this study, for a white-goods manufacturer, supplier selection problem is discussed and Axiomatic Design (AD) method is proposed for the solution of the problem. AD is one of the multi attribute decision methods (MADM) that can be used for the solution of the problems which require to be considered both qualitative and quantitative factors at the decision process. In this study, an application of selecting the supplier which has minimum information content among the alternative supplier firms by a hierarchical supplier selection model which is designed based on the important criteria for decision maker has done based on the Information Axiom of AD. Since, all of the factors that affect supplier selection process can not be denoted by numerical values, the evaluation of the firms has been done by using triangular fuzzy numbers and fuzzy AD has been used for the evaluation. Also, weighted AD has been used by regarding that factors have precedence with respect to each other and results of both methods have been compared.

Science Code : 906.1.141

Key Words : Supplier selection, multi-attribute analysis, fuzzy axiomatic design, information axiom

Page Number : 101

Adviser : Ass.Prof. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca, yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK'e, tecrübelerinden faydalandığım ve bana her konuda yardımcı olup, fikirlerini esirgemeyen hocam Dr. Metin DAĞDEVİREN'e, tez kapsamındaki uygulama için işletmelerini konu almama ve verilerini kullanmama izin veren, değerli vakitlerini ayıran Tayfun ÇAYLAN ve Gonca ACAR'a, manevi desteklerinden dolayı aileme ve tüm dostlarıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi olarak gerçekleştirilen bu tez kapsamında maddi katkılarından dolayı Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1.GİRİŞ	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ VE TEDARİKÇİ SEÇİMİ.....	3
2.1. Tedarik Zinciri Yönetimi	3
2.2. Tedarikçi Seçim Problemi.....	4
2.2.1. Problemin tanımı ve kriterlerin formülasyonu.....	5
2.2.2. Uygun tedarikçilerin ön sınıflandırılması.....	6
2.2.3. Final seçim aşaması için karar modelleri.....	9
3. AKSİYOMATİK TASARIM VE PRENSİPLERİ	20
3.1. Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV).....	20
3.2.Aksiyomatik Tasarım ve Prensipleri	22
3.3. Bulanık Aksiyomatik Tasarım	27
3.4. Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım.....	29
3.5. Aksiyomatik Tasarım İçin Literatür Araştırması	30
4. BULANIK AKSİYOMATİK TASARIM YAKLAŞIMI İLE HİYERARŞİK BİR TEDARİKÇİ SEÇİM MODELİ	35
4.1. Bulanık Aksiyomatik Tasarım (AT) ile Tedarikçi Seçimi.....	38

Sayfa

4.1.1. Tedarikçi firmaların fonksiyonel ihtiyaçlara (kriter) göre bilgi içeriklerinin hesaplanması.....	41
4.1.2. D firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması.....	74
4.1.3. İ firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması.....	76
4.1.4. F firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması.....	78
4.1.5. Tedarikçi firmanın seçimi.....	80
4.2.Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile Tedarikçi Seçimi.....	80
4.3. Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım Yaklaşımları İle Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması	86
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	88
KAYNAKLAR	91
EKLER.....	97
EK-1.....	98
ÖZGEÇMİŞ	101

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Firmanın belirlediği tasarım aralığı ve tedarikçilerin sistem aralık verisi	40
Çizelge 4.2. Fonksiyonel ihtiyaçlar için AHP ile hesaplanan ağırlık değerleri.....	81
Çizelge 4.3. D firması için Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile elde edilen sonuçlar	82
Çizelge 4.4. İ firması için Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile elde edilen sonuçlar	84
Çizelge 4.5. F firması için Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile elde edilen sonuçlar	85
Çizelge 4.6. Bulanık aksiyomatik tasarım ve ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması	87

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Tasarım aralığı, sistem aralığı, ortak aralık ve f_i 'nin sistem olasılık dağılım fonksiyonu	24
Şekil 3.2. Tasarım aralığı, sistem aralığı, ortak aralık ve $F\hat{I}$ 'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu.....	26
Şekil 3.3. Fiziksel olmayan faktörler için sayısal gösterim	28
Şekil 3.4. Sistem ve tasarım aralıklarının ortak alanı.....	29
Şekil 4.1. Tedarikçi seçim modelinin hiyerarşisi.....	39
Şekil 4.2. Sayısal olmayan kriterler için üçgensel bulanık sayılar.....	40
Şekil 4.3.a.D firmasının birim maliyet kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	42
Şekil 4.3.b.İ firmasının birim maliyet kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	42
Şekil 4.3.c.F firmasının birim maliyet kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	43
Şekil 4.4.a.D firmasının taşıma maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	43
Şekil 4.4.b.İ firmasının taşıma maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	44
Şekil 4.4.c.F firmasının taşıma maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	44
Şekil 4.5.a.D firmasının stok maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	45
Şekil 4.5.b.İ firmasının stok maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	45
Şekil 4.5.c.F firmasının stok maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	46

Şekil	Sayfa
Şekil 4.6.a.D firmasının sigorta maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	46
Şekil 4.6.b.İ firmasının sigorta maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	47
Şekil 4.6.c.F firmasının sigorta maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	47
Şekil 4.7.a.D firmasının spesifikasyonlara uygun sipariş oranı kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları.....	48
Şekil 4.7.b.İ firmasının spesifikasyonlara uygun sipariş yüzdesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	48
Şekil 4.7.c.F firmasının spesifikasyonlara uygun sipariş oranı kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları.....	49
Şekil 4.8.a.D firmasının hatalı ürün yüzdesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	50
Şekil 4.8.b.İ firmasının hatalı ürün yüzdesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	50
Şekil 4.8.c.F firmasının hatalı ürün yüzdesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	50
Şekil 4.9. D, İ ve F firmalarının ürün güvenilirliği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları.....	51
Şekil 4.10.a.D firmasının teslim süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	53
Şekil 4.10.b. İ firmasının teslim süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	53
Şekil 4.10.c.F firmasının teslim süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	53
Şekil 4.11.D, İ ve F firmalarının zamanında teslim alt kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları.....	54
Şekil 4.12. D, İ ve F firmalarının istenilen miktarda teslim alt kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları.....	56

Şekil	Sayfa
Şekil 4.13. D, İ ve F firmalarının miktar esnekliği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları.....	57
Şekil 4.14. D, İ ve F firmalarının modifikasyon esnekliği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları.....	59
Şekil 4.15. D, İ ve F firmalarının zaman esnekliği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	60
Şekil 4.16. D, İ ve F firmalarının araştırma geliştirme yeteneği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları.....	62
Şekil 4.17. D, İ ve F firmalarının teknolojik yeterlik kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	63
Şekil 4.18. D, İ ve F firmalarının teknoloji paylaşımı kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	64
Şekil 4.19. D, İ ve F firmalarının bilgi paylaşımı kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	66
Şekil 4.20. D, İ ve F firmalarının şikayetlerin ele alınması kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları.....	67
Şekil 4.21.a.D firmasının tamir geri dönüşüm süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	68
Şekil 4.21.b.İ firmasının tamir geri dönüşüm süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	69
Şekil 4.21.c.F firmasının tamir geri dönüşüm süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	69
Şekil 4.22.a.D firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	70
Şekil 4.22.b.İ firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	70
Şekil 4.22.c.F firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	70
Şekil 4.23. D, İ ve F firmalarının uzmanlık kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	71

Şekil	Sayfa
Şekil 4.24.a.D firmasının ilgili üründe deneyim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	73
Şekil 4.24.b.İ firmasının ilgili üründe deneyim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	73
Şekil 4.24.c.F firmasının ilgili üründe deneyim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	73
Şekil 4.25. D firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi	75
Şekil 4.26. İ firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi.....	77
Şekil 4.27. F firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi.....	79

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simge	Açıklama
A_{cr}	Ortak aralığın altındaki taralı alan
A_{sr}	Sistem aralığının altındaki alan
$(A_{cr})_{En\ yüksek\ seviye\ F\bar{I}_i}$	En yüksek seviyedeki $F\bar{I}_j$ ' ler ile ilişkili ortak aralığın alanı
$(A_{\phi})_{yaprak}$	Alt birimlere ayrılamayan her $F\bar{I}$ (yaprak) ile ilişkili ortak alan
c_r	Ortak aralık
d_r	Tasarım aralığı
d_{r1}	Tasarım aralığının en düşük sınırı
d_{ru}	Tasarım aralığının en yüksek sınırı
$F\bar{I}_j$	j. kriter (fonksiyonel ihtiyaç)
$F\bar{I}_{jkl}$	j.kriterin k. alt kriterinin l. alt birimi
I	Bilgi içeriği
I_{ij}	i.firmanın j ana kriteri için elde edilen bilgi içeriği
I_{ijk}	i.firmanın j ana kriterinin k alt kriteri için bilgi içeriği
$I_{en\ üst\ düzey\ F\bar{I}_j}$	En üst düzeyindeki j. fonksiyonel ihtiyaç için bilgi içeriği
I_{sistem}	Sistemin toplam bilgi içeriği
I_{iwj}	i.firma için j. ana kriterinin ağırlıklı bilgi içeriği
I_{iwjk}	i.firma için j. ana kriterin k. alt kriteri için ağırlıklı bilgi içeriği
i	Alternatif tedarikçi firmalar
j	Tedarikçi seçim modelindeki ana kriterler
k	Tedarikçi seçim modelindeki j kriterlerinin alt kriterleri
l	Tedarikçi seçim modelindeki k alt kriterlerinin alt birimleri
p	Fonksiyonel ihtiyacı ($F\bar{I}$) gerçekleştirme olasılığı
p_{ij}	i.firmanın j. fonksiyonel ihtiyacını gerçekleştirme olasılığı
$p_s (F\bar{I}_i)$	Her $F\bar{I}_i$ için sistem olasılık yoğunluk fonksiyonu
p_{yaprak}	Alt birimlere ayrılamayan her $F\bar{I}$ 'nin gerçekleştirilme olasılığı

Simge	Açıklama
s_r	Sistem aralığı
w_j	j kriterinin ağırlığı

Kısaltmalar	Açıklamalar
AT	Aksiyomatik tasarım
TZÜ	Tam zamanında üretim
AHP	Analitik Hiyerarşi Proses
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
AŞP	Analitik Şebeke Prosesi
BKT	Bulanık Küme Teorisi
KFY	Kalite Fonksiyon Yayılımı
DP	Doğrusal Programlama
YZ	Yapay zeka
ÇÖKV	Çok Ölçütlü Karar verme
Fİ	Fonksiyonel İhtiyaç
EİS	Esnek İmalat Sistemleri
TP	Tasarım Parametresi
TZY	Tedarik zinciri yönetimi
TZTA	Tedarik Zinciri Tasarımı Ayrıştırması
MİS	Modern İmalat sistemleri

1.GİRİŞ

Günümüzdeki rekabetçi pazar koşulları, organizasyonları çok kısa sürede değişen farklı müşteri isteklerini karşılayabilecek çözümler bulmaya yöneltmektedir. Organizasyonlar, bu rekabet ortamında karlılıklarını artırmak için değişik özelliklere, fonksiyonlara ve tasarıma sahip ürünleri üretebilecek esnekliğe sahip olmalıdır. Bunun başarılabilmesi için tedarikçilerden müşteriye kadar olan malzeme ve bilgi akışını sağlayan tedarik zincirinin etkin bir şekilde yönetilmesi gerekir.

Tedarik Zincirinin en önemli unsurlarından olan tedarikçilerin, işletmenin stratejilerine uygun ve işletmeyi hedeflerine ulaştıracak nitelikte olması kritik noktalardan birisidir. Bu sebeple tedarikçilerin seçimi zincirin yönetilmesinin en zor kısmı olarak düşünülebilir. Bir tedarikçi, iyi yönetilen ve iyi tasarlanmış bir tedarik zincirinin parçası olursa tüm tedarik zincirinin rekabet edebilirliği artar. Bu yüzden doğru tedarikçinin seçim problemi etkin bir tedarik zinciri kurmak için en önemli konulardan birisidir.

Bu tez kapsamında tedarikçi seçim probleminde hem nitel hemde nicel faktörlerin birlikte alınabilmesini sağlayan bir çok kriterli karar verme aracı olarak Aksiyomatik Tasarım (AT)'ın ikinci aksiyomu Bulanık Bilgi Aksiyomu yaklaşımı kullanılmıştır. Belirli çok ölçütlü karar verme teknikleri, tüm karar verisinin bilindiği ve kesin sayılarla ifade edilmesi gerektiği varsayıldığı problemleri çözerken, Bulanık çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin de, tüm bütünlük puanlar bulanık veri olduğu için üstün alternatifleri değerlendirme zorluğu vardır. Ancak Bulanık Bilgi Aksiyomu yaklaşımı diğer çok ölçütlü karar verme yöntemlerine göre hem bulanık hem kesin verileri birlikte değerlendirebilmesi açısından avantajlıdır.

Karar verici açısından önemli kriterler temelinde tasarlanan hiyerarşik bir tedarikçi seçim modeli ile alternatif tedarikçiler arasından minimum bilgi içeriğine sahip olan tedarikçi firmanın seçimine yönelik bir uygulama yapılmıştır. Kriterler için belirlenmiş aralıkların hem sayısal hem de dilsel değişkenlerle ifade edildiği durum

göz önüne alınmıştır. Bir beyaz eşya üreticisi için alternatif tedarikçiler arasından en az bilgi içeriğine sahip olan tedarikçinin seçilmesi amaçlanmıştır.

Tezin birinci bölümünde, çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntem konusunda bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde; tedarik zinciri, tedarikçilerin önemi, tedarikçi seçim problemi, tedarikçi seçim sürecinin aşamaları anlatılmış ve bu konuda detaylı bir literatür araştırması yapılarak, literatürde kullanılan tedarikçi seçim kriterleri ve yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde; çok kriterli karar verme problemi yapısı, karar verme sürecinin aşamaları, çok kriterli karar verme tekniklerinin karakteristik özellikleri ve tez kapsamında kullanılacak yöntem Aksiyomatik Tasarım (Axiomatic Design), aksiyomları ve tedarikçi seçiminde çok kriterli karar verme aracı olarak kullanılacak olan Bilgi Aksiyomu hakkında bilgi verilerek literatürde bu konu ile ilgili yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde; Aksiyomatik Tasarımın Bilgi Aksiyomu Kullanılarak kurulan tedarikçi seçim modelinin bir beyaz eşya üreticisi için uygulaması yer almaktadır. Öncelikle tedarikçi seçim sürecini etkileyen kriterler ve bunların alt birimlerinin belirlenerek hiyerarşik bir tedarikçi seçimi yapısı oluşturulmuş ve kriterlerin eşit öneme sahip olduğu durumda yöntem uygulanmıştır. Daha sonra kriterlerin önem derecelerinin eşit olmadığı durum göz önüne alınarak yine bir çok ölçütlü karar verme aracı olan AHP ile kriter öncelikleri bulunmuştur. Bulunan bu öncelikler dikkate alınarak Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım yaklaşımı kullanılmış ve elde edilen sonuçların karşılaştırması yapılmıştır.

Beşinci bölümde; tez genel olarak değerlendirilmiş, elde edilen çözüm sonuçları yorumlanarak gelecekle ilgili öneriler sunulmuştur.

2. TEDARİK ZİNCİRİ VE TEDARİKÇİ SEÇİMİ

2.1. Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik zinciri, ürünlerin, tedarikçiler, üreticiler, toptancılar, dağıtımıcılar, perakendeciler ve nihai olarak da tüketiciler arasındaki hareketini sağlayan ilişkiler ve bağlantılar bütünüdür. Hammaddeden nihai ürüne ve sonrasında pazarlamaya, dağıtımına kadar olan sürecin karmaşık yapısı içinde koordinasyon ve etkileşimi sağlamak bunun sonucunda da verimliliği ve hizmet kalitesini artırmaya yönelik yaklaşımları içeren bir süreçtir.

Tedarik zinciri yönetimi ise ürünlerin bilgilerin tedarik zinciri boyunca devam eden hareketlerinin gözlenmesi ve yönlendirilmesidir. Müşterinin farklı olan ihtiyaçlarına ve isteklerine; kaynakları en doğru biçimde verimli kullanarak, en yüksek kalitede, en düşük maliyetle cevap verilmesi için bir prosesin geliştirilmesini ele alır.

Bir tedarik zinciri genel olarak 2 ana iş sürecinden oluşur:

- a) Malzeme Yönetimi, malzeme akışının satın almadan, üretilen malzemelerin ara kontrolü, işlenen parçaların planlama ve kontrolü, depolanması ve son dağıtımına kadar tüm çevrimini destekler.
- b) Fiziksel Dağıtım, sipariş kabul ve işlemleri, stok açılması, depolama ve elleçleme, ulaştırma, birleşme, fiyatlandırma, destek, geri dönen ürün elleçlemesi ve yaşam çevrim desteğini kapsar.

Tedarik zincirini oluşturan halkaların, zincir ortaklarının birbiriyle iletişimde olması, karşılıklı bilgi alışverişinde bulunarak alınan kararlardan haberdar olabilmesi çok daha etkin çalışılmasını sağlayacaktır. Birden fazla şirketi kapsayan tedarik zinciri yönetimi yapısı, tek bir şirket gibi davranarak kaynakların ortak kullanımı sayesinde yüksek kaliteli, düşük maliyetli, piyasaya hızlı bir şekilde sunulan ve müşteri memnuniyeti sağlayan hizmet ya da ürünleri ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda, Thomas ve Griffin (1996), birleşik tedarik zincirini konu edinen çalışmalarında, tedarik zinciri yönetiminin alıcı tedarikçi birleşimi, üretim dağıtım birleşimi ve stok

dağıtım birleşimi olmak üzere 3 temel aşamadan oluştuğunu belirtmişlerdir [1]. Bunlardan ilki, tedarikçi seçimini oldukça yakından ilgilendiren bir konudur. Hammaddelerin temin edilmesinden ürünlerin müşteriye ulaşmasına kadar olan malzeme ve bilgi akışını sağlayan tedarik zincirinin ilk halkasını oluşturan tedarikçilerin seçimi; maliyetleri azaltmak, kaliteli ürün üretmek, doğru ürünleri doğru zamanda müşterilere ulaştırmak ve verimliliği artırmak için çok kritik bir problemdir.

2.2. Tedarikçi Seçim Problemi

Günümüzde firmaların rekabet ortamında kar edebilmeleri ve devamlılıklarını sürdürebilmeleri için kaynakların en iyi şekilde kullanılması, müşterilere doğru zamanda kaliteli ve ucuz ürün sunmaları gerekmektedir. Bu amaçla firmalar, faaliyetlerini düzgün ve verimli şekilde planlamak zorundadır. Planlama faaliyetlerinin en önemli unsurlarından birisi de, ürünü oluşturan malzemelerin tedarikçisinin sağlanmasıdır. Bu kapsamda firmaların üretimlerini etkin ve verimli bir şekilde sürdürebilmeleri ve mevcut pazardan en yüksek payı alabilmeleri için doğru tedarikçinin seçilmesi çok önemli bir problemdir. İyi bir tedarikçi değerlendirmesi yapılırsa, birden fazla tedarikçi ile çalışılmak zorunda kalınmaz ve bu durum uzun vadeli ortaklıkların gelişmesine yardımcı olur. Uzun vadeli ortaklıklarla, düşük maliyetli ve kaliteli hammaddelerin elde edilmesinin yanında temin süresi ve dolayısıyla ürünün müşteriye ulaşma süresinde de azalmalar görülür. İşletme için son derece önemli olan tedarikçi seçiminin yapılabilmesi için bilimsel yöntemler kullanmak gerekmektedir.

Literatürde tedarikçi seçimi ile ilgili yapılmış çalışmalar incelendiğinde De Boer ve ark. (2001) tedarikçi seçim problemini 4 aşamada incelemiştir [2]:

- 1) Problemin Tanımı
- 2) Kriterlerin Formülasyonu
- 3) Uygun Tedarikçilerin Ön Sınıflandırılması
- 4) Final seçim

2.2.1. Problemin tanımı ve kriterlerin formülasyonu

Kısa ürün yaşam çevrimlerinden dolayı, yeni tedarikçilerin araştırılması, ürün aralıklarının değişimi ve tipolojisini güncellemek amacıyla firmalar için sürekli bir öncelik taşır. Diğer yandan, TZÜ gibi bir satınalma ortamı, ortaklık kapsamında yakın ilişkiler, ayrıcalıklı tedarikçiler, uzun dönem anlaşmalar vs. kapsar. Bu durumda satın alma süreci bir tedarikçi seçilirken neyi gerçekleştirmek istediğini belirlemekle başlar.

Problem tanımı için karar metodları, karar vericiyi bir karar için ihtiyaçları ve mevcut alternatifleri dikkatlice sorgulamasında destekler. De Boer ve ark. (2001) tedarikçi seçiminde problem tanımı aşaması ile ilgili hiç yayın olmadığını belirterek genel de bir karar için ihtiyacı belirlerken nitel yöntemlerin kullanıldığını tespit etmiştir [2].

Doğru tedarikçinin seçilmesi, kararın çok kriterli yapısından dolayı seçimde kullanılan kriterlere bağlıdır. Bu bakış açısından tedarikçi seçim analizi, 1960'dan bu yana bir çok çalışmanın odak noktası olmuştur. Aissaoui ve ark.(2007), literatürde çeşitli yazarların 1960'dan bu yana farklı tedarikçi özelliklerinin bağlı önemini vurgulayan çeşitli deneysel araştırmalar yaptıklarını vurgulamışlardır [3]. Yapılan araştırmalarda, tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesinde önemli olan kriterler arasında fiyat, teslim, alıcının kalite hedefleri, tedarikçilerin bu kalite hedeflerini karşılayabilmesinin mevcut tedarikçilerden ne kadar sipariş verileceğinin kararında çok önemli ölçütler olduğu belirlenmiş ve fiyat, teslim, kalite, üretim kapasitesi ve yerleşimin literatürde en sık karşılaşılan kriterler olduğu gözlenmiştir [3].

Wilson (1994), seçim kriterlerinin önemini incelemiş ve kriterlerin kalite,servis, fiyat ve teslim olarak sıralandığını bulmuştur [4].

Verma ve Pullman (1998), yürüttükleri bir dizi deneysel çalışma sonunda seçimde her ne kadar yöneticiler tarafından kalitenin en önemli kriter olduğu savunulsa da, maliyet ve teslim performansının kaliteden daha fazla önemsendiğini tespit

etmişlerdir. Ayrıca, kalite, servis, fiyat ve teslim kriterlerinin yanında esneklik kriterinin son yıllarda dikkat çeken bir kriter olduğunu belirtmişlerdir [5].

Tedarikçi seçim kararları, karar verme sürecinde nicel ve nitel kriterlerin birlikte ele alınmasını gerektiren bir problem olmakla birlikte, bazı kriterlerin birbiriyle çatışabilme durumu da söz konusu olduğunda karmaşıklaşır. Aissaoui ve ark. (2007), inceledikleri çalışmalar arasında en düşük fiyatla sipariş verilen bir tedarikçinin en kaliteli olmadığı yada en kaliteli tedarikçinin zamanında teslim etmediği gibi çelişen mümkün durumları belirleyen yazarların olduğunu belirtmiştir [3]. Bu durumda, en iyi tedarikçiyi bulmak için çelişen sayılabilir ve sayılamayan faktörler arasında ödünleşim yapmak gerekir.

2.2.2. Uygun tedarikçilerin ön sınıflandırılması

Bugünün birleşik lojistik ortamı çok sayıda tedarikçiyi yönetmek zor olduğu için az sayıda tedarikçiyle çalışmayı gerektirir. Bu yüzden, bu sürecin amacı, etkin olmayan adayları tespit ederek, tüm tedarikçi kümesini kabul edilebilir olanların olduğu küçük bir aralığa dönüştürmektir. Ön sınıflandırma, sıralama işleminden daha çok süzme işlemini kapsar [3].

Mevcut alternatifler arasında, seçim kuralını sağlamayan tedarikçileri eleyen bir yöntem kullanmak mümkündür. Bir “birleşik” kural ile, bir kritere bağlı olarak önceden belirlenmiş minimum başlangıç değerinden daha düşük değeri olan tedarikçiler elenir. Eğer bir tedarikçi bir kritere bağlı olarak minimum başlangıç değerini sağlamazsa diğer kriterler için mümkün değerleri sağlasa da firmanın amaçları yada diğer kısıtlardaki olumsuz mümkün sonuçlarından dolayı seçilemez [3].

Bir “Sözlüksel” kuralda, bir ilk seviyede, en önemli kriter tanımlanır ve tedarikçiler bu kritere göre karşılaştırılır. Eğer bir tedarikçi bu kriteri diğerlerinden daha iyi sağlıyorsa o seçilir, değilse tedarikçiler ikinci kritere göre karşılaştırılır ve böyle devam eder [3].

Literatürde tedarikçi seçimi ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle ön sınıflandırma aşaması ile ilgilidir. Tedarikçi seçiminde ön sınıflandırma aşamasında kullanılan yöntemler aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır:

Kategorik yöntemler

Temel olarak, koşulsuz modeller nicel modellerdir. Tarihsel veri, alıcının deneyimi veya bilinen tedarikçilere dayanarak bir kriter kümesinde tedarikçiler değerlendirilir. Her bir kritere göre ‘iyi’ (+), ‘nötr’ (0) yada ‘yetersiz’ (-) olarak tedarikçiler etiketlenir, toplam bir değerde birleştirilir ve tedarikçiler değerlendirilir [2]. Bununla birlikte bu yöntem değerlerdeki değişikliklere çok duyarlıdır ve insan yargılarına oldukça bağlıdır. Gerçekte çok az görülen bir durum olarak kriterler eşit ağırlıklara sahiptir. Bu sınırlamalardan dolayı bu yöntem final seçimi için yetersizdir [3].

Veri zarflama analizi (VZA)

Bu yöntem karar alternatifinin etkinliği üzerine kurulmuştur. Alternatifler fayda kriterleri (çıktı) ve maliyet kriterine (girdi) göre değerlendirilir. Bir alternatifin etkinliği çıktıların toplam ağırlıklarının (örneğin tedarikçinin performansı) girdilerin toplam ağırlıklarına (örneğin tedarikçi kullanmanın maliyeti) oranı olarak hesaplanır [2]. Veri Zarflama Analizi (VZA), her bir tedarikçi için en uygun ağırlık kümesini bulur. Böylelikle bu yöntem firmaya tedarikçilerin “etkin tedarikçiler” ve “etkin olmayan tedarikçiler” olmak üzere iki gruba ayrılmasını sağlayacaktır [3].

Gürpınar (2005), veri zarflama konusunda yapılan ilk çalışmalarda veri zarflama analiziyle, girdi ve çıktı faktörlerini dikkate alarak homojen tedarikçi kümelerinin etkinliklerinin değerlendirilmesi amacıyla yönelik olarak bir çalışma yapıldığını kaydetmiştir. Ayrıca VZA gibi geleneksel tedarikçi değerlendirme yöntemlerinin, tedarikçileri değerlendirirken onların güçlü olduğu alanları göz önüne almakta iken, tedarikçilerin zayıf bulunduğu noktaları göz ardı ederek karar verme prosesini çalıştırdığını ifade etmiştir. Böyle yaklaşımların kullanılmasıyla tedarikçiler sadece

güçlü yönleriyle değerlendirilmekte ve zayıf yönler göz önüne alınmadığı için çok doğru bir sonuca ulaşılmadığı sonucuna varılmıştır [6].

Aissaoui ve ark. (2007), tedarikçilerin değerlendirilmesinde VZA'nın kullanımının tartışıldığını, tedarikçilerin performansını değerlendirmek ve verimsiz olanlarla yürütme stratejilerini geliştirmek için paralel koordinat gösterimi ile VZA'nın kombinasyonunun uygulandığını belirtmiş ve ayrıca bu çalışmalarda sadece geleneksel tekniklerin kullanılarak, operasyonel faktörlerin göz önüne alındığını vurgulamışlardır [3]. Weber ve ark. (1998), çok amaçlı programlama ve VZA yöntemlerini kullanarak tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi konusunda yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir [7].

Talluri ve Narasimhan (2002), firma için en uygun tedarikçinin belirlenmesine yönelik olarak stratejik ve operasyonel faktörleri de değerlendirme prosesinde dikkate alarak geleneksel ve modern VZA tekniklerini kullanarak tedarikçilerin seçim ve değerlendirmesinde yeni bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Ayrıca çalışmada karar vericiye seçim kolaylığı sağlaması amacıyla parametrik olmayan istatistiksel tekniklerin kullanımıyla etkinlik skorlarına göre homojen tedarikçi grupları belirlenmiştir [8].

Literatürde yapılan çok kriterli modellerin büyük çoğunluğu tedarikçi performansını dikkate almaz. Talluri ve Narasimhan (2003), çalışmalarında bu boşluğu etkili bir seçim için tedarikçi gruplarını tanımlamada daha sonra parametrik olmayan istatistiksel bir teknikte kullanılan tedarikçi performans değişkenlik ölçütlerini türeten max-min verimlilik bazlı bir yaklaşım kurarak doldurur. Bu tekniğin en önemli avantajı, alıcıya bir tedarikçi grubunda etkin alternatif seçimler sağlamasıdır [9]. Talluri ve ark. (2006), tedarikçilerin değerlendirilmesinde belirsiz çoklu performans ölçülerinin olması durumunda şans kısıtlı bir veri zarflama analizi yaklaşımı sunar [10].

Küme analizi

Küme analizi, aynı küme içerisindeki parçalar arasındaki farklılıkların minimum iken farklı kümelerdeki parçalar arasındaki farklılıkların maximum olduğu kümelere sayısal özellik puanları kümesi ile tanımlanan parçaları gruplamak için bir sınıflandırma yöntemidir. Bazı kritere bağlı olan puanlarla tanımlanan tedarikçi gruplarına uygulanabilir[2].

Sebebe dayalı durum sistemleri (CBR)

Temel olarak bu sistem, önceki karar durumlarına benzer olarak karar vericiye faydalı bilgiyi ve deneyimleri sağlayan yazılım tabanlı bir veritabanıdır. Bu teknoloji çok yenidir ve satınalma kararlarını verirken kullanımı için sadece bir kaç sebebe dayalı durum sistemi geliştirilmiştir, ama önceki görüşmelerden ve sistemin kolay eğitiminden bilgiyi kullanma yeteneği gibi sebebe dayalı durum sistemlerinin bazı karakterisitikleri tedarikçi seçimiyle bağlantı kurulmasında bu sistemi ilginç kılar [2].

Gürpınar (2005), literatürde bir firmada bir akıllı tedarikçi ilişkileri yönetim sistemini bir firmanın müşteri ilişkileri yönetimi sistemine entegre ederek yeni ürün geliştirme süreci sırasında tercih edilen tedarikçileri seçmek için sebebe dayalı durum tekniği ile, tedarikçi değerlendirme sistemi ve ürün kodlama sisteminin tartışıldığını belirtmiştir [6].

2.2.3. Final seçim aşaması için karar modelleri

Literatürdeki mevcut karar modellerin çoğunluğu satınalma sürecinin tedarikçi seçim aşamasında uygulanmıştır. Bu aşamada, son tedarikçiler tanımlanır ve siparişler sistem kısıtları dikkate alınarak ve kantitatif ve kalitatif kriterler hesaba katılarak tedarikçiler arasında dağıtılır [3].

Tedarikçi seçim problemi, toplam talebin sadece en iyi tedarikçiden tedarik edildiği “tek kaynaklı” yada birkaç tedarikçi arasında yayıldığı “çok kaynaklı” modeller şeklinde incelenebilir. Tek kaynaklı modellerde, toplam alıcının talebini karşılamak için bir sipariş için bir tedarikçinin seçilmesi gerekir. Bu durumda tek kriterli yada çok kriterli yaklaşımlar kullanılabilir. Üreticinin tedarik akışını garantilemek için çok kaynaklı politika izlemesi gerekir. Bu durumda, bir alıcı aynı ürünü birden daha fazla tedarikçiden sağlar ve tüm tedarikçiler arasında miktarını yayar. Bu modellerde karar vericinin aynı zamanda hangi tedarikçilerden ne kadar alacağına da karar vermesi gerekir. Çok kaynaklı modellerde karar vericinin bu problemleri formüle etmesi için, çoklu kısıtlara bağlı olarak hedeflenen amacı optimize etme imkanı olmasından dolayı matematiksel programlama tekniklerini kullanmak en uygundur [3].

Literatürde final seçim aşaması için kullanılan başlıca yöntemler tedarikçilerin ön seçim aşamasında olduğu gibi sınıflandırılmıştır:

Doğrusal ağırlıklandırma modelleri

Doğrusal ağırlıklandırma modellerinde kriterlere ağırlıklar verilir, en büyük ağırlık en yüksek önemi gösterir. Kriterlerin değerleri ağırlıkları ile çarpılır ve her tedarikçi için tek bir puan elde etmek için toplanır. En yüksek puana sahip tedarikçi seçilir [2].

Tüm faktör birimlerinin bir standardizasyonunu gerektirmesinin yanında, doğrusal ağırlıklandırma modelinde karşımıza çıkan bir problem, bir tedarikçinin puanını yüksek dereceli bazı kriterlerin önemi yada bir kritere göre objektif olarak belirlemektir. Örneğin, A tedarikçisi j.kriter dışında B tedarikçisinden çok daha iyi durumdadır. Doğrusal ağırlıklandırma modellerine göre yüksek seviyeli yöntemler kısmen telafi edicidir. Bu yaklaşım karar vericiye, diğerleri arasında bir yada daha fazla kriterdeki kötü skorlar için telafiye sınırlamasını sağlar [2]. Dulmin ve Mininno (2003), tedarikçi seçimi problemlerini yeniden çözmek için, hem nitel hem nicel değişkenleri kullanabilmesinden dolayı, kriterler arasındaki ilişkileri anlamak ve telafi etkilerini yönetmek için yüksek seviyeli yöntemlerin uygun olduğunu kaydetmiştir. Çalışmasında, çok kriterli bir yardım aracı (promethee/gaia) ile

performans kriterlerinin öneminin nasıl değişeceğinin sağlanmasıyla birlikte, istatistiksel olarak kolayca analiz edilebilen sonuçları yaratarak ve yenilikçi bir duyarlılık analizi uygulayarak bu problemleri araştırır [11].

Doğrusal ağırlıklandırma modellerinden tedarikçi seçim problemine en çok uygulanan yöntem Saaty (1980) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)dir. AHP, basit doğrusal ağırlık modelindeki performans puanları gibi kriter ağırlıkları için nokta tahmini yapma zorluğunu önler. AHP, karmaşık bir problemi, amaç, kriterler, alt kriterler ve alternatifler olmak üzere çok aşamalı hiyerarşik bir yapıya ayrıştırarak genel kararı vermeye yardım eden bir karar verme aracıdır [12]. Tedarikçi seçiminde hem kalitatif hemde kantitatif faktörleri birlikte ele almasından dolayı araştırmacıların çoğu bu yöntemi kullanmaktadır.

Barbarasoglu ve Yazgaç (1997), Türkiye’de elektrik motorları üreten bir firmada tedarikçi seçimi için AHP’yi kullanmış ve birçok kriteri dikkate almıştır. Öncelikli kriterler performans değerlendirilmesi, üretim yeteneklerinin değerlendirilmesi ve kalite sisteminin değerlendirilmesi olarak 3 ana grupta toplanmıştır [13].

Chan (2003), AHP’nin avantajlarına odaklanarak, alıcı-tedarikçi ilişkilerinin belirlenmesi ve kriterlerin seçiminin şekillendirilmesi gibi önceki adımları sistemize etmek için ÇKKV yazılımı olan Expert Choice yardımıyla AHP uygulanmadan önce İnteraktif bir seçim modeli önerir. Kurulan İnteraktif Seçim Modeli, alıcı-tedarikçi ilişkilerinin tanımlanması ve geçerli veri toplama yöntemleri ile tedarikçi seçimine uygulanabilir [14].

Kahraman ve ark. (2003) ve Akman ve Alkan (2006) kriterler için oluşturulan matriste bulanık sayılar kullanılarak tedarikçi seçim problemine bulanık AHP yaklaşımını uygulamışlardır [15,16]. Chan ve Kumar (2007), global tedarikçi seçimi için etkin bir sistemin geliştirilmesi için risk faktörlerini içeren önemli ve kritik karar kriterlerinin bir kısmını tartışmak ve belirlemek amacıyla, maliyet, kalite, servis performansı ve mevcut iş hayatındaki global tedarikçilerin seçiminde kapsanan risk faktörlerini içeren tedarikçi profili gibi farklı karar kriterlerini yakalamak için

Bulanık Genişletilmiş Analitik Hiyerarşi Prosesi (BGAHP) bazlı yöntemi ele almıştır. BGAHP farklı karar değişkenlerinin önceliklerine karar vermede ilgili verinin bulanıklığını ele almak için verimli bir araçtır [17].

Liu ve Hai (2005), AHP'ye dayalı, tedarikçilerin toplam derecesine karar vermek için seçilen bir derecede ağırlıkların belirlenmesinden sonra seçilen oy sayısının ağırlıklı toplamı ile kıyaslayan yeni bir yaklaşım geliştirmiştir [18].

Sarkis ve Talluri (2000), stratejik tedarikçi seçimi için Analitik Hiyerarşi Prosesinin daha karmaşık bir versiyonu olan Analitik Şebeke Prosesi'ni kullanmayı önermiştir [19]. Dağdeviren ve ark. (2006) bir işletmede tedarikçi seçimi için AŞP'yi kullanarak yeni bir model kurmuştur [20]. Gencer ve Gürpınar (2006), tedarikçi seçiminde AŞP'nin kullanılmasıyla tedarikçi seçim kriterleri arasındaki ilişkileri geribildirim sistematığı içerisinde değerlendirmek için bir model kurmuşlardır [21]. Demirtaş ve Üstün (2008), çalışmada en iyi tedarikçiyi seçmek ve bütçeyi ve hata oranını minimum yapma ve satın alınan toplam değerini maksimum yapmak için seçilen tedarikçiler arasındaki optimum miktarları belirlemede hem sayısal hemde sayısal olmayan faktörleri dikkate almak için bütünleşik bir AŞP ve çok amaçlı karışık tamsayılı doğrusal programlama yaklaşımı kurmuşlardır [22]. Demirtaş ve Üstün (2007), tek ürünlü çok tedarikçili, çok dönemli bir stok parti büyüklüğü durumu incelemiştir. Çalışmada, çok dönemli planlama dönemi dikkate alınarak, Arşimet Amaç Programlama ve Analitik Şebeke prosesinin bütünleşik bir yaklaşımı önerilir. Bu bütünleşik yaklaşım ile tedarikçileri değerlendirmek ve sayılabilir ve sayılamayan faktörler verildiğinde tedarikçilerin periyodik sipariş dağıtımlarını belirlemek için 2 aşamalı matematiksel model kurulur [23].

Aissaoui ve ark.(2007), performans puanları ve olasılıkları ile alternatif durumları gösteren bir ödeme matrisi ve kriter ağırlıkları için olasılıkların kullanıldığı doğrusal ağırlıklandırma yönteminin modifiye edildiği bir çalışmayı incelemiştir [3]. De Boer ve ark (2001), bu çalışmada satın alınan ürün yada hizmet için taleple ilgili belirsizliği dikkate almak için benzetim tabanlı bir model kurulduğunu

belirtmiştir [2]. Aissaoui ve ark.(2007), kesin ağırlık değerlerini gerektirmeyen yaklaşımların istatistiksel olduğunu yazmıştır [3].

Bazı yazarlar da, bulanık küme teorisinin (BKT) seçim durumlarında karşılaşılan belirsizlikleri modellemek için tedarikçi seçiminde kullanılabilecek bir araç olacağını düşünmüştür. BKT insan yargılarını ve çok kriterli bilgiyi modelleyebilmek için bazı çalışmalarda ağırlıklandırma modelleri ile birlikte kullanılmıştır[3].

Bevilacqua ve ark. (2006), kalite evi yaklaşımını tedarikçi seçim süreci problemlerinde tipik kalite fonksiyon yayılımına (KFY) dönüştürmüştür. Yöntem orta büyüklükteki bir imalatçıya uygulanmıştır [24]. Chen ve ark. (2006), tedarik zincirinde tedarikçi firma seçimi problemine bulanık karar verme yaklaşımını uygulamıştır. Kalite, fiyat, esneklik ve teslim performansı gibi kriterler için dilsel değerler kullanılmıştır. Tedarikçi seçim problemiyle ilişkili bulanık kümeye dayalı çok kriterli karar verme (MCDM) modeli kurulmuştur [25]. Taskın ve ark. (2004), önceden belirlenen genel ve ürüne bağlı performans ölçütlerine göre yeterli tedarikçileri sıralamak için bir bulanık seçim algoritması (Bulanık Tedarikçi Seçim Algoritması, BTSA) kullanmıştır. Algoritma, yeterli tedarikçi alternatifleri için bulanık uygunluk indislerinin hesaplanıp en iyi tedarikçi alternatifinin seçilmesi için bulanık indislerin sıralanmasına dayanmaktadır [26]. Wang ve Che (2007), ürün parçalarının davranışının değişimini modellemek ve bulanık küme teorisi, T dönüşüm teknolojisi ve genetik algoritmaları kullanarak her parça için alternatif tedarikçileri değerlendirmek için bütünleşik bir model geliştirmişlerdir. Bu model, araştırılacak ve modellenecek spesifik bir ticari ürünün parça tedarikçi seçimini sağlamak için parça değişim ihtiyaçları kavramı, bulanık performans göstergeleri ve farklı özelliklerin birleşimine dayalıdır. Deneysel analizlerin sonuçları kurulan modelin uygun bir yaklaşım olduğunu ve kompleks konfigürasyonlu ürünler için kaliteli bir çözüm sağladığını göstermiştir [27].

Doğrusal ağırlıklandırma modelleriyle, satınalma kararının bazı kantitatif yönleri ve faktörlerini hesaba katmak mümkün değildir. Bu sınırlamanın üstesinden gelmek için matematiksel programlama yöntemlerini kullanmak daha uygundur [3].

Toplam mülkiyet maliyeti modelleri

Tedarikçi seçimi için toplam mülkiyet maliyeti modelleri, tedarikçilerin seçimi ile ilgili birkaç yada tüm maliyetlerin ölçülmesi ve özetlenmesi ve sonradan bu yolla tedarikçi tarafından sınırlandırılan birim fiyatın ayarlanması yada cezalandırılmasından oluşur. Bu modeller daha çok maliyetlerini daha iyi anlamak ve yönetmek isteyen organizasyonlar için daha uygundur [2]. De boer ve ark. (2001) kalite, teslim ve servisle ilgili tüm maliyetleri toplayan maliyet-oran metodunun geliştirilerek birim fiyattaki fayda ve ceza yüzdesi olarak ifade edildiği ve maliyeti elde etmenin daha zor olduğu servis ve teslim performansı gibi kriterler için toplam maliyet yaklaşımı geliştirildiğini belirtmişlerdir [2].

Degreave ve ark. (2000), bir firmada satınalma sürecindeki veri setini kullanarak, çeşitli tedarikçi seçim karar modellerini karşılaştırmıştır. Toplam mülkiyet maliyeti modellerinin matematiksel programlama modellerine göre daha iyi olduğu ve çok ürünlü modellerin tek ürünlülere göre daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu sonucunu kavramıştır [28].

Matematiksel programlama modelleri

Uygun bir karar kümesi verildiğinde, matematiksel programlama karar vericinin karar problemini amaç fonksiyonundaki değerlere bağlı olarak maksimize veya minimize edilmesi gereken bir matematiksel amaç fonksiyonu ile formüle etmesini sağlar. Matematiksel programlama modelleri, karar vericiyi amaç fonksiyonuna bağlı olmaya zorladığı için sıralama modellerine göre daha objektiftir. Ayrıca matematiksel modeller daha fazla kantitatif kriter içerir [2].

Matematiksel programlama, malzeme maliyetleri ve kalite ve tedarikçilerin gerçekleştirmesi gereken teslim performans standartlarına bağlı olarak değişen tedarikçi sayısı arasındaki ödünleşimi araştıran birkaç modeli incelemek için kullanılır. Bu şekilde, ilk model sayılarına bakmadan toplam fatura maliyetini minimum yapan tedarikçi kümesini bulur. İkinci model, istenen minimum kalite ve

teslim performansı parametreleriyle tüm malzemeleri sağlayabilen en küçük tedarikçi kümesini bulur. Bu iki çözüm karşılaştırılır ve üçüncü model bu uç çözümler arasındaki nitel ödünleşimi araştırmak için kullanılır [3].

Literatürde doğrusal programlama, karışık tamsayılı programlama, amaç programlama, çok amaçlı programlama ve doğrusal olmayan programlama gibi matematiksel programlama modelleri kullanılarak tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi amacıyla yapılmış çok çalışma bulunmaktadır. Tedarikçilere dağıtılan ürünlerin toplam indirimli fiyatını minimize etmek için karışık tamsayılı doğrusal programlamanın kullanıldığı ve çok ürünlü, çok periyotlu, tedarikçilerin kalite, teslim ve kapasitelerini göz önüne alarak satınalma, ulaştırma ve stok maliyetlerinin toplamını minimize eden karışık tamsayılı programlama modelleri geliştirilmiştir [29].

De Boer ve ark. (2001), 1990'lı yıllara kadar yapılan araştırmalarda çok kaynaklı problemlerde matematiksel programlamayı kullanan sadece 10 çalışma yapılırken, o zamandan beri problemin farklı bakış açılarını dikkate alan bu çalışmaların sayısının hızla artmış olduğunu gözlemlemiştir [2].

Kumar ve ark. (2004), literatürdeki çalışmalarda toplam satınalma ve depolama maliyetlerini minimum etmek amacıyla tedarikçi seçim problemini doğrusal programlama olarak formüle edildiğini ve kalite, servis düzeyi ve teslim süresi gibi kısıtlara bağlı olarak toplam maliyeti minimum yapmak amacıyla tedarikçilere sipariş miktarlarını dağıtmak için tek ürünlü doğrusal programlama modelinin geliştirildiğini ifade etmişlerdir [30]. Kumar ve ark. (2004), IBM firması için satınalma, stok ve taşıma maliyetlerini minimum yapmak amacıyla tedarikçilerin ve sipariş miktarlarının belirlenmesi amacıyla karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulduğunu belirtmiştir [30]. Ghodsypour and O'Brien (2001), literatürde tedarikçi seçimi için, fiyat, teslim performansı, kalite ve üretim miktarı kriterleri göz önüne alınarak karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturulduğunu belirtmiştir. Modelde, amaç fonksiyonu toplam maliyetin minimizasyonu iken, kısıtlar kalite ve teslim performansından oluşmaktadır [31].

Karpak ve ark. (1999), her tedarikçiye sipariş miktarlarını atarken tedarikçi seçiminde teslim güvenilirliğini ve kaliteyi maksimize eden ve maliyeti minimize eden bir amaç programlama modeli kullanmıştır [32]. Karpak ve ark. (2001), çok kriterli karar destek sistemlerinden birisi olan Görülebilir İnteraktif Amaç Programlama (GİA) modeli sunmuştur. GİA, tedarikçi seçim kararlarını geliştirmeye yardım eden bir karar destek aracının girişini kolaylaştırır. Kişisel bilgisayar tabanlı teknik, orijinal ekipman imalatçısının çoklu yenileme satınalma problemine uygulanır ve tedarikçilerin seçimi ve siparişlerin dağıtımında yardımcı olur [33]. Kumar ve ark (2004), amaçların kesin olmayan seviyelerini birleştirmek için net maliyeti, net reddedilen ürünler ve net geç teslim edilen ürünleri minimum yapmak gibi 3 temel amaçtan oluşan tedarikçi seçim problemini bulanık karışık tamsayılı amaç programlama modeli olarak formüle etmiştir [30]. Kumar ve ark. (2006), tedarikçi seçim problemini alıcıların talepleri, tedarikçi kapasitesitesi, tedarikçi kota esnekliği kısıtlarıyla maliyet minmizasyonu, kalite maksimizasyonu ve zamanında teslim maksimizasyonu amaçlarını bulanık çok amaçlı tamsayılı programlama modeline ilave ederek inceler. Kurulan modelde çeşitli girdi parametreleri bulanıktır [34]. Amid ve ark. (2006) tarafından bilginin belirsizliğinin üstesinden gelmek için bulanık çok amaçlı doğrusal bir model geliştirilmiştir. Çalışmada, bulanık tedarikçi seçim probleminde ilk kez, karar vericinin çeşitli kriterlere farklı ağırlıklar atamasını sağlamak için bir asimetric bulanık karar verme tekniği uygulanır [29]. Araz ve ark. (2007), bulanık amaç programlama ile bir dışkaynak/tedarikçi değerlendirme ve yönetim sistemi geliştirmiştir. İlk aşamada, firmanın amaçları dışkaynak değerlendirme kriterleri belirlenir. PROMETHEE ile dışkaynak firmaları değerlendirildikten sonra firma için en uygun firmalar ve sipariş verilecek miktarlar belirlenir [35].

Ghodsypour and O'Brien (2001), net fiyat, depolama, ulaştırma ve sipariş maliyetlerini kapsayan toplam lojistik maliyetlerini hesaba katan çok kaynaklı problemi çözmek için karışık tamsayılı doğrusal olmayan bir model kurar. Bütçedeki alıcı limitleri, kalite, servis vs. kurulan bu modele ilave edilebilir [31]. Hong ve ark. (2005), tedarikçilerin tedarik imkanlarının ve müşteri isteklerinin bir zaman periyodunda değiştiğini dikkate alan karışık tamsayılı bir programlama modeli

kurmuşlardır. Kurulan model, geliri maksimize etmenin yanında, müşteri ihtiyaçlarını da karşılamaktadır [36].

Tedarikçi seçimi, hem nitel hem de nicel faktörleri içeren çok özellikli bir problem olduğundan, seçimde oldukça önemli olan nitel faktörler kullanıldığında sadece matematiksel veriye dayanan tekniklerin dezavantajları karşımıza çıkmaktadır. Literatürde bazı yazarlar, problemdeki nitel ve nicel faktörleri birleştirmek için bütünlük yöntemler oluşturmuşlardır. Ghodsypour and O'Brien (1998), firmanın çalıştığı tedarikçi sayısını azaltmak ve tedarikçilerle olan ilişkileri yönetmeye yönelik olarak karar destek sistemi geliştirmiştir. Hem nitel hemde nicel kriterlerle ilgili AHP ve Doğrusal programlamayı kullanan bütünlük bir model kurmuştur [37]. Dağdeviren ve Eren (2001), AHP ve 0-1 amaç programlama teknikleri ile tedarikçi firma seçimine yönelik bir çalışma yapmıştır ve iki yöntemin etkinliğini tartışmıştır [38]. Çebi ve Bayraktar (2003), Sözlüksel Amaç programlama ve AHP ile bütünlük bir model kurmuştur [39]. Wang ve ark. (2004), analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve çok kriterli karar verme yöntemine dayalı öncelikli hedef programlama (PGP) ile bütünlük bir model kurmuştur [40].

Xia ve Wu (2007), aynı zamanda kullanılacak tedarikçilerin sayısını belirlemek ve çoklu kaynak, çoklu ürün, çoklu kriterli ve tedarikçi kapasite kısıtlarının olması durumunda tedarikçilere dağıtılacak sipariş miktarını belirlemek için kaba küme teorisi ile geliştirilmiş AHP ve çok amaçlı karışık tamsayılı programlamanın bütünlük bir yaklaşımını kurmuşlardır. Bu kapsamda, tedarikçiler miktar yada ürünlere bağlı olarak değil toplam ticari hacime bağlı olarak fiyat indirimi teklif ederler [41].

Soner ve Ögüt (2006), birden fazla nitel ve nicel kriter göz önüne alarak uygun tedarikçiyi seçmek amacıyla, çok kriterli karar verme tekniklerinden sıralama prensibine göre alternatifleri değerlendiren bir teknik olan ELECTRE ve AHP'yi birlikte kullanmışlardır [42].

Saen (2007), tedarikçilerin tamamen türdeşliğine dayanan klasik tedarikçi seçim modellerindeki varsayımın tersine bazı tedarikçiler yaygın girdileri kapsamlı olarak tedarik çıktılarına dönüştürmediği için, türdeş olmayan tedarikçileri seçmek için yeni bir yöntem kurar ve her tedarikçinin bağıl ağırlığını belirlerken AHP'yi kullanır [43].

İstatistiksel modeller

İstatistiksel modeller, tedarikçi seçimiyle ilgili stokastik belirsizlikle ilgilenir. Stokastik belirsizlik bugün birçok satınalma durumunda karşımıza çıkmasına rağmen sadece birkaç tedarikçi seçim modeli gerçekten bu problemi ele almıştır. De Boer ve ark. (2001), literatürde yapılan istatistiksel modellerin, sadece herhangi bir zamandaki bir kriterle ilgili belirsizliğe imkan sağladığını ve Ronen ve Trietsh'in (1988) tedarikçi seçiminde sipariş temin zamanlarında bir belirsizlik olduğu durumda devreye giren bir karar destek sistemi geliştirdiklerini belirtmiştir [2].

Liao ve Rittscher (2007), tedarikçi esnekliğinin bir ölçüsü, talep miktarı ve kapsamlı olarak belirsizliklerin zamanlamasının dikkate alınması için genişletilir. Stokastik talep koşullarında çok amaçlı bir tedarikçi seçim modeli geliştirilir. Stokastik tedarikçi seçimi, aynı zamanda toplam maliyet, kalite, red oranı, geç teslim oranı ve esneklik oranının dikkate alınması, talebin karşılanması ve kapasite kısıtlarını içererek belirlenir. Spesifik bir genetik algoritma problemi kullanarak sayısal sonuçlar gösterilir [44].

Yapay zeka tabanlı modeller

Yapay zeka tabanlı modeller, bir yolda yada diğerinin bir satınalma uzmanı yada tarihsel veriyle eğitilebildiği bilgisayar destekli sistemlere dayalıdır. Tedarikçi seçiminde uygulanan yapay zeka tabanlı modeller sinir ağlarını yada uzman sistemleri kullanırlar. Tedarikçi seçiminde bu alanda yapılmış çok az çalışma olmasına rağmen, imkanları yüksek olduğundan araştırmak önemlidir. Sinir ağları gibi yöntemlerin güçlü yanlarından birisi, karar verme sürecinde formalizasyon gerektirmez. YZ tabanlı yöntemler daha insan yargılarına yönelik tasarlandığı için,

hem karmaşıklık hem belirsizlikle geleneksel yöntemlerden daha iyi başa çıkabilir. De Boer ve ark.(2001), Albino ve Garavelli (1998) tarafından yapılmış çalışmada Sinir Ağlarına dayalı bir karar destek sistemi sunulduğunu, yapı firmaları için taşeronları değerlendirmede uygulanabilir, karar vericinin formalizasyona girmeden, temel bazı örnekler üzerinden doğrudan taşeronları değerlendirmesini sağlayan bir geri üreme ağı tasarlandığını gözlemlemiştir [2].

De Boer ve ark. (2001), genellikle malların tedarikçisinin otomasyonunda kullanılan akıllı yazılım firmaları adındaki İnternet tabanlı teknolojinin potansiyel kullanımını tartışan ve tedarikçi değerlendirmede yapay zeka teknolojisinin kullanıldığı aynı zamanda tedarikçi seçim aşamasını destekleyebilen tedarikçi değerlendirme uzman sisteminin geliştirildiği çalışmalar olduğunu tespit etmiştir [2].

Öz ve Baykoç (2004), tedarik zinciri yönetiminde karar teorisi destekli uzman sistem tasarımı ve tedarikçi seçim problemine uygulanmasını ele almıştır [45].

Hou ve Su (2006), tedarikçi seçimi için Web tabanlı dağıtılmış bir ortam kurmak için en gelişmiş Web teknolojilerini iş teorileriyle bütünleştirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada, tedarikçileri daha etkin ve doğru seçmek için imalatçıların karar vermesine yardım etmek için çok imkanlı tedarikçi seçimine yönelik Web hizmeti geliştirilmiştir. İş teorileri ve analitik hiyerarşi proses yaklaşımı sistemdeki J2EE teknolojisi ve Web hizmetleriyle kombinasyonunda uygulanır [46].

Son yıllarda önemi hızla artan e-tedarik planlamanın, Choi ve Chang (2006) tarafından yapılan çalışmada doğru tedarikçileri seçmek için önemli olduğu ve ayrıca birleşik rekabetin gelişmesine katkı sağladığı belirtilmiştir. Yapılan e-tedarik planlama araştırması, ilkel bir modelden, bir amaç modeli tanımlayabilen bilgi-tabanlı bir sistem bütünleşmesi için bir yapı tanımlar [47].

3. AKSİYOMATİK TASARIM VE PRENSİPLERİ

3.1. Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)

Günümüzde yaşanan hızlı değişimler, işletmelerin karşı bulunduğu belirsizlikleri artırmış, işletme yönetimini daha karmaşık hale getirmiştir. İşletmelerin tercih edebileceği alternatiflerin artması da buna eklenince karar verme işlemi daha zor hale gelmiştir. Zengin bir karar verme sürecine sahip bir işletmede karar verme sadece bilgi toplama değil, aynı zamanda gelişmiş karar teknikleri yardımıyla karar vermek anlamına gelmektedir.

Pek çok işletmede karar sürecinin bilgi toplama ve analizi aşamalarında çok yoğun bir çaba ve zaman harcanırken, alternatiflerin değerlendirilmesi için daha az çaba ve zaman harcanmaktadır. Pek çok günlük karar sezgisel olarak alınırken, daha uzun vadeli ve karmaşık kararları sezgisel olarak almak yeterli ya da doğru olmayabilir. Karar almada karar destek sistemlerini kullanan işletmeler, daha hızlı ve etkin karar almakta, globalleşen iş ilişkileri ağını yönetmekte avantaj sahibi olmaktadır.

Karar vericiler karar verme sürecinde yardımcı olarak çoğunlukla kantitatif tekniklerden yararlanmaktadır. Sıklıkla kullanılan Yöneylem Araştırması teknikleri çeşitli karar verme durumlarında karar vericinin tüm sorunlarını çözmede yetersiz kalmaktadır. Modele uygun veriler bulmada zorluk yaşanmakta, kullanılan parametreler sabit alınmakta ve bilgisayar çözümü için gerekli zamanlar çok uzun olabilmektedir. Ayrıca bu teknikler sayısal olmayan verilerin kullanılması için uygun değildir.

Karar vermeyi zorlaştıran etmenlerden biri de kararda etkili kriterlerin birbirleriyle çelişmesidir. Kriterlerden birinin sağlanması bir diğerinin ya da diğerlerinin sağlanmasını engelliyor ya da zorlaştırıyorsa karar vermek daha da zor olacaktır.

Birçok kararda, birden fazla niceliksel ya da niteliksel kriterler ve amaçlar söz konusu olmaktadır. Bunlardan bazılarının birbiriyle çeliştiği karar verme durumlarına

Çok Ölçütlü Karar Verme adı verilmektedir. Çok Ölçütlü Karar Vermede, kriterler arasında çelişki olması ve birbirini iyileştirmek için bir başkasından fedakarlık edilecek olmasından dolayı en iyi alternatifin seçimi zordur. Bu ölçütler arasında uzlaşma sağlamak ve alternatifler arasından en uygun olanını seçmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler karar üzerinde etkin olan maliyet esaslı olmayan ölçütleri dikkate almaktadır.

Çok ölçütlü karar vermede kullanılacak yöntemler olarak basit toplamli ağırlıklandırma modeli, ağırlıklı çarpım modeli, analitik hiyerarşi prosesi (AHP), revize analitik hiyerarşi süreci, analitik şebeke prosesi (AŞP), ELECTRE metodu, TOPSIS ve outranking metodları olarak belirtilebilir. Bunların dışında fayda temelli SMARTS (Ağırlıklandırılmış Değer Fonksiyonu Modeli), üstünlüğe dayanan PROMETHEE ve diğer bazı fayda temelli, üstünlüğe dayanan, etkileşimli ve basit yöntemler mevcuttur.

Aksiyomlarla tasarım prensiplerinden olan bilgi aksiyomu, karar verme sürecinde birden çok seçeneğin bulunduğu durumlarda kullanılmaktadır [48]. Belirtilen yöntem, diğer yöntemlerin aksine hem kesin (crisp) hem de bulanık (fuzzy) ölçütleri birlikte değerlendirebilmektedir. Belirli çok ölçütlü karar verme teknikleri, tüm karar verisinin bilindiği ve kesin sayılarla ifade edilmesi gerektiği varsayıldığı problemleri çözer. Bu yöntemler performans puanlarını etkin olarak birleştirmek içindir. Bulanık çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin, tüm bütünleşik puanlar bulanık veri olduğu için üstün alternatifleri değerlendirme zorluğu vardır. Hem bulanık hem kesin kriterleri içeren bir çok ölçütlü bir karar verme aracı olan bilgi aksiyomu yaklaşımı diğer çok ölçütlü karar verme yöntemlerine göre tüm verileri birlikte değerlendirebilmesi açısından avantajlıdır. Ayrıca AT yaklaşımı her kriterin tasarımcı tarafından belirlenen tasarım aralığını hesaba katar. Bu yüzden, diğer bir çok yöntemde kriteri en iyi düzeyde sağlayan alternatif seçilirken, AT yaklaşımında tasarım aralıklarını sağlayan alternatifler seçilir. Örneğin, tasarımcı başka bir kriterden fedakarlık edilecek olmasından dolayı bir kriterin en iyi düzeyde karşılanmasını değil de, kendisinin belirlediği bir tasarım aralığında karşılanmasını isteyebilir. Bu özellik, AHP, bulanık AHP ve kullanılan diğer puanlama

yöntemlerinde mümkün değildir. Ayrıca AT yaklaşımı, herhangi bir kriterin tasarım aralığını sağlamayan bir alternatifin reddedilmesi noktasında da diğer yöntemlerden ayrılır.

Tedarikçi seçim sürecinde karar vericilere destek sağlaması için bilgi aksiyomu esaslı yöntem bu tezde sunulmaktadır. Tedarikçi seçim süreci, fiyat, kapasite, güvenilirlik gibi kesin ölçütleri ve yenilik derecesi, esneklik, organizasyon geçmişi gibi bulanık ölçütlerin birlikte ele alınmasını gerektirdiği için, bu tezde tedarikçi seçim sürecinde bilgi aksiyomu kullanılmış ve aşağıdaki bölümde bu yöntem detaylı olarak anlatılmıştır.

3.2.Aksiyomatik Tasarım ve Prensipleri

Aksiyomatik Tasarım; ürünler, sistemler ve süreçler için tasarım alanını bilimsel yapmak için Suh tarafından geliştirilmiş bir tasarım metodudur [49]. Suh, tasarımı, “neyi gerçekleştirmek istiyoruz” ve “nasıl gerçekleştirebiliriz” sorularının etkileşimiyle tanımlar [48].

Aksiyomlarla tasarım yönteminin temel amacı, tasarımlar için bilimsel bir temel oluşturmak ve tasarımcıyı, mantıklı düşünce süreçleri ve araçları ile destekleyerek tasarım faaliyetlerini geliştirmektir. Aksiyomlarla tasarım içinde en önemli kavram tasarım aksiyomlarının varlığıdır. İki tasarım aksiyomu ürün tasarımlarını oluşturmak ve kurulan çözüm alternatiflerinden en iyisini seçmek için oransal bir temel sağlar [48]. Bu aksiyomlar aşağıdaki gibidir:

- *Aksiyom 1 (Bağımsızlık Aksiyomu):* Fonksiyonel ihtiyaçların bağımsızlığını devam ettirmek. Kabul edilebilir bir tasarımda, bir tasarım parametresi (DP) diğer fonksiyonel ihtiyaçları (F_i) etkilemeden ilgili fonksiyonel ihtiyacı sağlamak için düzenlenebilir.

- *Aksiyom 2 (Bilgi Aksiyomu)*: Bilgi içeriğini minimize etmek. Alternatif tasarımlardan Bağımsızlık Aksiyomunu sağlayan en iyi tasarım minimum bilgi içeriğine sahiptir.

Bağımsızlık Aksiyomu, tasarım amaçlarını karakterize eden bağımsız fonksiyonel ihtiyaçların minimum sayısı olarak tanımlanan Fonksiyonel ihtiyaçların (FI) bağımsızlığının sürekli korunması gerektiğini savunur. Gerçek hayatta, mühendisler kompleks bir problemi onu alt problemlere ayırarak ve bu küçük problemlerin bağımsız çözmeye çalışırlar. Bu, kompleks problemlerin ayrıştırılması ve problemler ve çözümler arasındaki bağımsız eşleştirme için önemli noktaları sağlayan etkili bir yöntemi çağırır [50].

İki ya da daha fazla fonksiyonel ihtiyaç olduğunda, tasarım çözümü diğer fonksiyonel ihtiyacı etkilemeden her bir fonksiyonel ihtiyacı sağlamalıdır. Bu da fonksiyonel ihtiyaçları sağlayan ve bunların bağımsızlığını koruyabilecek doğru bir tasarım parametre kümesinin seçimi anlamına gelir [50].

Bilgi aksiyomu; bağımsızlık aksiyomunu sağlayan tasarımlar arasından minimum bilgi içeriğine sahip tasarımın en iyi tasarım olduğunu savunur. Çünkü bilgi içeriği, olasılık terimleriyle tanımlanır ve fonksiyonel bağımsızlığı sağlayan eşit olarak kabul edilebilir tasarımların oransal değerlerini kıyaslamak için ölçülebilir. Bilgi aksiyomuna göre gerçekleşme olasılığı en yüksek olan tasarım en iyi tasarımdır [50].

Bilgi içeriği I , verilen bir fonksiyonel ihtiyaç (FI)'yi sağlama olasılığı ile tanımlanır. Eğer verilen bir FI yi sağlama başarısının olasılığı p ise, olasılıkla ilgili bilgi içeriği I , Eş.3.1. ile ifade edilir:

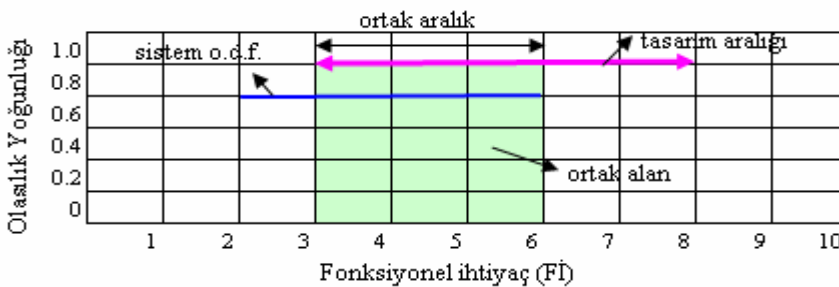
$$I_i = \log_2 \left(\frac{1}{p_i} \right) \quad (3.1)$$

Bilgi küçük birimlerle verilir. Aynı zamanda karşılanması gereken bir sürü fonksiyonel ihtiyaç olduğunda bilgi içeriğinin eklenebilmesi için logaritmik fonksiyon seçilmiştir. n tane FI olduğundan toplam bilgi içeriği tüm bu olasılıkların toplamıdır. Tüm olasılıklar toplamı 1'e eşit olduğunda bilgi içeriği sıfırdır ve tersine bir ya da daha fazla olasılık sıfıra eşit olduğunda gerekli bilgi sonsuzdur. Bu olasılık düşük ise, fonksiyonel ihtiyaçları karşılamak için daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulduğu anlamına gelir [50].

Gerçekleşme olasılığı, FI için *Tasarım Aralığını* (d_r) belirterek ve FI 'yi sağlayacak tasarım için *Sistem Aralığını* (s_r) belirleyerek hesaplanabilir. Herhangi tasarım durumunda, başarı olasılığı tasarımcının tolerans (tasarım aralığı) bakımından neyi başarmayı istediği ve sistemin teslim etme yeteneğinin (sistem aralığı) ne olduğu ile ifade edilir.

Bilgi içeriği, tasarımcı tarafından belirlenen tolerans (fonksiyonel ihtiyaca karşılık olasılık dağılımının bir göstergesindeki tasarım aralığı olarak adlandırılır) ile sistemin sağladığı tolerans (sistem aralığı) arasındaki kesim noktası ile verildiğinden oransal bir kavramdır.

Şekil 3.1'de bir FI 'nin sistem olasılık dağılım fonksiyonu uniform olduğunda, tasarımcının belirlediği "tasarım aralığı" ve sistemin gerçekleştirdiği "sistem aralığı"nın kesiştiği bölgenin kabul edilebilir çözümün bulunduğu alan olduğu görülmektedir.



Şekil 3.1. Tasarım aralığı, sistem aralığı, ortak aralık ve fi 'nin sistem olasılık dağılım fonksiyonu

Sistem olasılık dağılım fonksiyonu uniform olduğu durumda FI 'nin gerçekleşme olasılığı Eş.3.2 ile hesaplanır [51]:

$$p_i = \frac{\text{ortak aralık}}{\text{sistem aralığı}} \quad (3.2)$$

Eş.3.2'den hareketle bilgi içeriği şu şekilde hesaplanır:

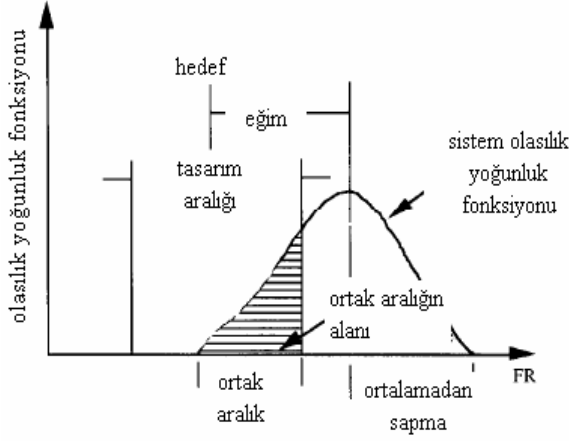
$$I_i = \log_2 \left(\frac{\text{sistem aralığı}}{\text{ortak aralık}} \right) \quad (3.3)$$

Eğer FI_i sürekli tesadüfi değişken ise, $p_s(FI_i)$ her FI_i için sistem olasılık yoğunluk fonksiyonu iken, tasarım aralığındaki FI_i 'yi gerçekleştirme olasılığı Eş.3.4 ile hesaplanır;

$$p_i = \int_{dr_l}^{dr_u} p_s(FI_i) dFI_i \quad (3.4)$$

Eş.3.4, sistemin olasılık yoğunluk fonksiyonunun integralini alarak bütün sistemin aralığının gerçekleşme olasılığını verir. (örneğin tasarım aralığının en düşük sınırı dr_l , üst tasarım aralığının sınırı, dr_u) [48].

Şekil 3.2'de sistem aralığı belirlenmiş FI 'ye karşı bir olasılık yoğunluk fonksiyonu verilmiştir. Tasarım aralığı ve sistem aralığı arasındaki kesişim bölgesi *ortak alan* (c_r) olarak gösterilir ve bu alan sadece fonksiyonel ihtiyaçların sağlandığı bölgedir. Sonuç olarak, sistem aralığının altındaki alanın, ortak aralığın altındaki alana bölümü, tasarımın belirlenmiş hedefinin gerçekleşme derecesinin olasılığına eşittir [50].



Şekil 3.2. Tasarım aralığı, sistem aralığı, ortak aralık ve $F\hat{I}$ 'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$I = \log_2(A_{sr} / A_{cr}) \quad (3.5)$$

A_{sr} sistem aralığının altındaki alanı, A_{cr} ortak aralığının altındaki taralı alanı ifade eder. Genellikle $A_{sr} = 1.0$ olduğundan sağlanacak n tane $F\hat{I}$ olduğu için bilgi içeriği Eş.3.6 ile ifade edilir:

$$I = \log_2(1 / A_{cr}) \quad (3.6)$$

Birden fazla fonksiyonel ihtiyaç düzeyinden ve tasarım hiyerarşisinin tüm seviyelerinde birden fazla fonksiyonel ihtiyaçtan oluşan bir sistemin tasarımında, sistemin bilgi içeriği, sadece en yüksek düzeydeki fonksiyonel ihtiyaçları $\{F\hat{I}_i\}$ sağlamak için gereken bilgidir. Sistemin bilgi içeriğini hesaplamak için, her düzeyin ortak aralığını (A_{cr}) ve sistem aralığının olasılık dağılımını belirlememiz gerekir.

Buradan sistemin bilgi içeriği;

$$I_{sistem} = -\sum I_{\text{en yüksek seviye } F\hat{I}_i} = -\sum \log(A_{cr})_{\text{en yüksek seviye } F\hat{I}_i} \quad (3.7)$$

ile verilir. (A_{cr}) En yüksek seviye FR_i en yüksek seviyedeki Fi_i ' lerin her biriyle ilişkili ortak aralığın alanıdır.

Fİ'nin en yüksek düzeyinin sağlama olasılığı, en alt düzeydeki Fİ'ler tasarım matrisleriyle verilen yapıya göre birleştirildiğinde en yüksek düzeydeki Fİ'lere karşılık geldiği için Fİ'nin en düşük düzeyini gerçekleştirme olasılığı ile ilişkilidir. Bu yüzden, en yüksek Fİ'yi sağlama olasılığı; sistem hiyerarşisindeki tüm alt seviyelerdeki Fİlerle ilişkili tüm olasılıkların üretimi ile verilir. Buradan, toplam sistemin bilgi içeriği aşağıdaki gibi ifade edilebilen tüm alt düzeydeki Fİ'lerle ilişkili bilgi içeriklerinin toplamıdır.

$$I_{sistem} = -\sum \log(p_{yaprak}) = -\sum \log(A_{cr})_{yaprak} \quad (3.8)$$

$(A_{cr})_{yaprak}$ sistem hiyerarşisinde daha fazla alt birimlere ayrılamayan her fonksiyonel ihtiyaçla (yaprak) ilişkili ortak aralığın alanıdır. Eş.3.7 ve Eş.3.8'in eşitlenmesiyle Eş. 3.9 elde edilir.

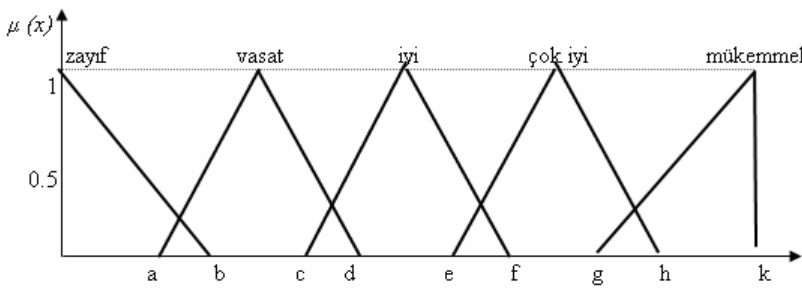
$$\sum \log(A_{cr})_{yaprak} = \sum \log(A_{cr})_{en\ yüksek\ düzey\ Fi_i} \quad (3.9)$$

En büyük amaç; örneğin her Bilgi Aksiyomu olarak bilgi içeriğini küçültmek gibi, tüm p_{yaprak} ları birbirine eşitleyerek tasarlanmış sistem fonksiyonunu yapmak için gereken ilave bilgiyi minimize etmektir. Bu hedefi gerçekleştirmek için, tasarım Bağımsızlık Aksiyomunu sağlamalıdır. Tasarım fonksiyonel bağımsızlığı sağladığında eğilim yok edilebilir ve sistem aralığının varyansı, sistem aralığının tasarım aralığının içinde yer alması için, bilgi içeriğini sıfıra azaltarak küçültülebilir.

3.3. Bulanık Aksiyomatik Tasarım

Literatürdeki çok ölçütlü karar verme teknikleri genellikle veriler belirli olduğunda çözüme ulaşırken, Bulanık çok ölçütlü AT yaklaşımı veriler kesin olmadığında da kullanılabilir bir yöntemdir.

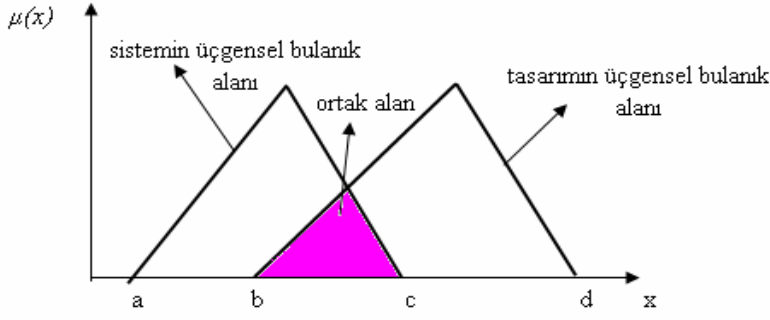
Kesin olarak belirli olan verileri ifade etmek için gerçekte sayılar kullanılır. Ancak veriler belirli olmadığında ve sayısal değerler yerine dilsel değişkenlerle ifade edildiğinde bu verilerin belirli bir kural tabanına bağlı olarak sayısal bir forma dönüştürülmesi gerekir. Bulanık küme teorisi bu aşamada kullanılabilecek önemli bir araçtır. Şekil 3.3'te sayısal olmayan faktörlerin sayısallaştırılması için literatürde sıklıkla kullanılan dilsel değişkenlere ait üyelik fonksiyonlarının şematik yapısı gösterilmiştir [51]:



Şekil 3.3. Fiziksel olmayan faktörler için sayısal gösterim

Aksiyomatik tasarımda, fonksiyonel ihtiyaçların sistem ve tasarım aralıkları her zaman belirli bir aralıkla ifade edilemez. Belli bir değer üstünde ya da bir değere yaklaşık olarak ifade edilebilir ve bu değerler üçgensel ya da yamuksal bulanık sayılarla gösterilebilir.

Bulanık Aksiyomatik Tasarımda aralık değerleri dilsel olarak verildiğinde olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirli olduğu durumda üçgensel yada yamuksal bulanık üyelik fonksiyonları kullanılır. Dolayısıyla ortak alan, üçgensel yada yamuksal bulanık sayıların kesiştiği bölgedir. Şekil 3.4'de görüldüğü gibi, ortak alan sistem aralığının bulanık üçgensel alanı ile tasarım aralığının bulanık üçgensel alanının arasındaki kesişim bölgesidir [51].



Şekil 3.4. Sistem ve tasarım aralıklarının ortak alanı

Buradan hareketle bilgi içeriği Eş.3.10 ile hesaplanır [48]:

$$I = \log_2 \left(\frac{\text{Sistem tasarımının üçgensel bulanık alanı}}{\text{Ortak alan}} \right) \quad (3.10)$$

3.4. Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım

Önceki bölümde bilgi içerikleri hesaplanırken her kriterin ağırlığı eşit olarak kabul edilmiştir. Ancak her bir kriter farklı bir ağırlık değerine (w_j) sahip olduğunda bilgi içeriklerini hesaplamak için mevcut formülasyonlara ek olarak Eş.3.11’de verilen ifade kullanılır ve bu yapı “Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım” yaklaşımı olarak adlandırılır [51].

$$I_{ij} = \left\{ \begin{array}{ll} \left[\log_2 \left(\frac{1}{p_{ij}} \right) \right]^{1/w_j}, & 0 \leq I_{ij} \leq 1 \\ \left[\log_2 \left(\frac{1}{p_{ij}} \right) \right]^{w_j}, & I_{ij} \geq 1 \\ w_j, & I_{ij} = 1 \end{array} \right\} \quad (3.11)$$

3.5. Aksiyomatik Tasarım İçin Literatür Araştırması

Literatürde, Suh (1990) tarafından geliştirilen ve son yıllarda hızla gelişmekte olan AT tekniği ve ilkeleri, ürünler, sistemler, organizasyonlar ve yazılım gibi bir çok alanda tasarım yaparken kullanılmıştır. AT’de en önemli kavram daha önce anlatıldığı gibi Bağımsızlık ve Bilgi Aksiyomu olarak iki tasarım aksiyomunun varlığıdır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, Bağımsızlık aksiyomu, yazılım, kalite, imalat, esnek üretim, hücresel üretim, ergonomi, denizcilik gibi bir çok alandaki sistemin tasarımında bir metodoloji olarak uygulanırken, Bilgi aksiyomu ise ekipman, ulaştırma firması ve modern imalat sistemleri gibi tasarlanmış sistemlerden en uygun olanın seçimi yapılırken çok ölçütlü bir karar verme aracı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bağımsızlık aksiyomunun imalat sistemlerinin tasarımında uygulanması oldukça sık görülmektedir. Gunasekera ve Ali (1995)’nin çalışmasında, metal şekillendirme sürecinde kavramsal aşama, ilk aşama ve son aşamadan oluşan bir üç aşamalı yaklaşım oluşturulur. Kavramsal aşama aksiyomatik tasarım ilkeleri kullanılarak tasarlanır [52]. Suh (1997), AT metodolojisini kullanarak sistemlerin tanımlanması, sınıflandırılması ve tasarlanması için kavramsal bir yaklaşım sağlamıştır [53]. Suh ve ark. (1998), yalın ilkeli bir hatta ideal bir üretim sistemi için AT’ye dayalı bir model geliştirmiştir [54]. Babic (1999), esnek imalat sistemlerinin düzenlenmesi için bir karar destek sistemi oluşturmuştur. Bu çalışmada, aksiyomatik tasarım teorisi ile yeni EİS tasarım teorisi geliştirilir. Tasarım aksiyomlarına dayalı genel tasarım teorisi ve teorem ve ispat kümesi EİS için somutlaştırılır. Kurulan metodoloji, tasarım aşamasında uygun EİS konfigürasyonunu belirlemede EİS tasarımcıları için etkin bir karar destek sistemi gibi çalışır [55]. Cochran ve ark. (2000), kompleks üretim sistemini küçük, esnek ve dağıtılmış üretim birimlerine dönüştürür. Bu yaklaşımda, bölümlendirme ve AT ilkeleri ile birleşimde yalın ilkeleri kullanırlar [56]. Cochran ve ark. (2000), üretim sistemi için performans değerlendirme sistemi oluşturmuştur [57]. Chen ve ark. (2000), hücre performansını geliştirmek için AT’nin bağımsızlık aksiyomunu kullanarak bilgiye dayalı bir karar destek sistemi kurmuştur [58]. Houshmand and Jamshidnezhad (2002), AT yaklaşımını kullanarak üretim

sistem tasarımına dayalı bir yalın imalat sistemi geliştirmiştir. Bu modelde, temel olarak organizasyonel yetenekler ve değer akış analizi kullanılır [59]. Kulak ve ark. (2005), Aksiyomatik tasarım prensiplerine dayanarak geleneksel üretim sistemlerini süreç oryantasyonundan hücresel oryantasyonuna dönüştürmek isteyen insanlar için bir çerçeve ve yol haritası ortaya koymuştur. Çalışmada, önceden seçilen performans kriterlerine göre hücresel tasarımı değerlendirmek ve geliştirmek için sürekli geliştirme için bir kontrol mekanizması önerilir. Bir imalat firmasında kurulan metodolojinin bütün bir uygulaması ve sonuçlanan performans gelişmeleri de ayrıca verilmiştir [60]. Houshmand and Jamshidnezhad (2006), yalın üretim sistemi tasarımı için proses değişkenlerini kullanarak aksiyomatik bir modelleme sunarlar. Daha önce bu konuda yapılan çalışmada, özelleştirilmiş tasarım parametrelerini üreten araçları açıklamak için tasarım parametrelerinin süreç alanına eşleştirilmesiyle yaratılan proses değişkenleri eksikti. Bu yazı, proses değişkenlerini üretim sistem tasarımı tanıtmak için bir girişimdir. Bir ürün geliştirirken, sadece proses değişkenlerinin kümesi süreç tasarımı olarak yorumlanabilir. Bir üretim sistemi durumunda, proses değişkenleri, bir yalın üretim sistemini uygulamak için gerekli araçlar, yöntemler ve kaynaklar olarak yorumlanır. AT metodolojisine göre, fonksiyonel ihtiyaçlar, tasarım parametreleri ve proses değişkenlerini kapsayan yalın bir üretim sisteminin tasarım sürecini modellemek için hiyerarşik bir yapı geliştirilir [61]. Durmuşoğlu ve Kulak (2008), aksiyomatik tasarım ilkelerini kullanarak etkin bir ofis operasyonunu tasarlamak için bir yöntem geliştirmiştir. Aksiyomatik tasarım, tasarım nesnelerini şekillendirirken tüm gerekli bilginin iyi anlaşılmış örneklerinin kullanımını sağlar. Bu ilkeler, ofis hücreleri tasarlanırken kullanılır ve bu yöntemin ofis operasyonlarını geliştireceği ve müşteri teslim süresindeki azalma ile ticari rekabetçiliğe katkı sağlayacağı savunulmuştur. Çalışmada gerçek hayattaki bir uygulamanın sonuçlarında olduğu gibi hücre şekillendirme ve işlemlerinden oluşan ofis hücresi tasarımı uygulanan yöntemin detaylı bir tanımlanması sağlanır. Bulunan sonuçlar, katma değeri olmayan birçok aktiviteyi yok ettiği için ofis işlemlerini geliştirmede yöntemin iyi çalıştığını göstermiştir [62].

Son yıllarda, Aksiyomatik tasarımın bağımsızlık aksiyomunun imalat sistemlerinin dışındaki alanlarda da uygulanmasına daha sık rastlanmaya başlanmıştır. Bunlardan

yazılım tasarımı Kim ve ark. (1991), ürün tasarımı Tseng ve Jiao (1997) ve kalite sistem tasarımı Suh (1995) aksiyomatik tasarımı imalat sistemleri dışındaki alanlarda kullanan ilk isimlerdendir [63,64,65].

Jang ve ark (2002), aksiyomatik tasarımın denizcilik tasarım alanındaki uygulanabilirliğini kavramsal bir sürtücü tasarımı, metal destek optimizasyon problemi, bir ana motor seçim problemi ve mavna tasarım problemi örnekleriyle araştırmıştır. Bu örneklerde, sürtücü tasarımında bağımsızlık aksiyomu ile fonksiyonel ihtiyaçlar ve tasarım parametreleri tespit edilerek tasarım için gerekli en küçük birimler hiyerarşik olarak belirlenmiştir. Metal destek optimizasyon probleminde bilgi aksiyomunun tasarım değişkenlerinin optimizasyonunda nasıl kullanılacağı gösterilmiştir. Bir ana motorda olması gereken çeşitli boyut ve ölçütler belirlendikten sonra bilgi aksiyomu kullanılarak en uygun ana motorun seçimi yapılmıştır. Mavna tasarımında öncelikle problem tanımlanmış, bağımsızlık aksiyomuna göre kısmi tasarım parametreleri belirlenmiş, kısmi tasarım parametreleri bilgi aksiyomuna göre sıralanmıştır. Bu örneklerle, tasarım aksiyomlarının uygulanma denizcilik tasarımında uygulanma olasılığı açıklanmıştır [66].

Helander ve Lin (2002), çalışmalarında aksiyomatik tasarımı ergonomik tasarıma bir altyapı olarak göstererek, AT'nin el araçlarının biyomekaniksel tasarımı ve işyerlerinin antropometrik tasarımı için nasıl kullanıldığını üç örnekle anlatmıştır. Bağımsızlık aksiyomu, ayrılmış tasarımın ideal çözüm sırasını gösterebildiği tasarım çözümlerinin tekrarlanan geliştirmelerinin zaman tüketiminden kaçınmak için tasarım aktivitesinin nasıl yapılandırılabilirdiğini kanıtlamak için kullanılmıştır. Bilgi aksiyomu ise, bir işyerinin antropometrik tasarımı için kullanılmıştır. Bilgi aksiyomunun direkt uygulamasının ergonomik tasarım için uygun olmadığını belirterek, antropometrik tasarımda bilgi içeriğini hesaplamanın yeni yolunu önermişlerdir. Bu sistem ve tasarım aralıklarının kapsamalarının yeniden tanımlanmasını ve bilgi içeriğinin hesaplanması için yeni bir formülasyondaki sonuçları kapsamaktadır [67].

Yia ve Park (2005)'ın çalışmasında, aksiyomatik tasarıma göre bir tasarım akışı tanımlanır ve otomatik tasarım için bir yazılım sistemi geliştirilir. Program, aksiyomatik tasarımın bağımsızlık aksiyomuna göre tasarlanır. Yazılım sisteminin fonksiyonel ihtiyaçlar (Fİ) ve tasarım parametreleri (TP) tanımlanır ve zigzaglama sürecine göre ayrıştırılır. Bağımsız modüller, tüm tasarım matrisinin analiziyle oluşturulur ve her modül Amaca Yönelik Programlamada bir sınıf olarak kodlanır. Tasarım sonuçları tartışılır [68].

Schnetzler ve ark. (2007), tedarik zinciri stratejisinin geliştirilmesi için tedarik zinciri yönetimine Aksiyomatik Tasarım yaklaşımının bir uygulamasını önermişlerdir. Bu çalışmada AT'nin birinci aksiyomu olan Bağımsızlık Aksiyomu ile, TZY'nin amaçlarını ve araçlarını ayıran tedarik zinciri tasarım ayrıştırması (TZTA) yöntemi geliştirilmiştir. Yapısal bir prosedür kullanılarak, TZTA, kurumun çevresi, kapsamı ve stratejik amaçlarıyla bütünleşik seviyede bir tedarik zinciri stratejisi geliştirmek için kullanılabilir. Bir pilot çalışma ile yöntemin uygulaması açıklanmıştır [69].

Literatürde ilk kez Osman Kulak tarafından çok ölçütlü bir karar verme aracı olarak kullanılan bilgi aksiyomunun da son yıllarda oldukça geniş alanlarda uygulamasına rastlanmıştır. Kulak ve Kahraman (2005), modern imalat sistemlerinin (MİS) maliyet, kalite, kullanım kolaylığı, rekabetçilik, uygulanabilirlik, genişleme gibi ölçütlere göre bilgi aksiyomunu kullanarak karşılaştırmasını yapmışlardır. MİS'lerin karşılaştırılması hem bilginin tam hem de tam olmadığı durumlar için yapılarak, belirli olan bilgi için kesin AT yaklaşımı geliştirilirken, belirsiz bilgi için bulanık AT yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu çalışma, bulanık AT yaklaşımını geliştiren ve MİS'lerin karşılaştırmasında kullanan ilk çalışmadır. Yazıda, kesin ve bulanık AT yaklaşımlarının esnek imalat sistemlerinin karşılaştırılması için sayısal uygulamaları verilmiştir [70]. Kulak ve Kahraman (2005), ulaştırma firmaları arasından en iyisinin seçimi için, hem belirli hem de bulanık AHP teknikleri ile birlikte kullanmış ve elde edilen sonuçları karşılaştırmışlardır [51]. Kulak ve ark. (2005), çok ölçütlü ekipman seçimi etkin bir imalat sistemi için çok önemli olduğu için bilgi aksiyomunu kullanarak maliyet ve teknik karakteristikler gibi belirlenen kriterler altında uygun ekipmanın seçimini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada geliştirilen

ağırlıklandırılmamış ve ağırlıklandırılmış çok ölçütlü aksiyomatik tasarım yaklaşımları hem kesin hem bulanık kriterleri içermektedir. Bulanık küme teorisi, eksik, elde edilemez ve sayılamaz bilgi olduğunda belirsizliği yok etme imkanını sağlar. Bu yaklaşımlar, bir imalat sistemine yatırım yaparken matkap makinelerinin seçimine uygulanır. Seçim süreci MAXD isimli program yardımıyla gerçekleştirilmiştir [71]. Kulak (2005), malzeme taşıma seçimi için, işçiliğin etkin kullanımı, sistem esnekliğini sağlamak, verimliliği artırmak, teslim sürelerini ve maliyetleri azaltmak gibi faktörleri dikkate alan bir karar destek sistemi (bulanık çok ölçütlü malzeme taşıma seçimi) geliştirmiştir. Bu karar destek sistemi, veri tabanı, kural bazlı sistem ve çok ölçütlü karar verme modüllerinden oluşur. Bu veri tabanı, taşıma tipleri ve özellikleri hakkında detaylı bilgi içermektedir. Kural bazlı sistem modülü, en uygun malzeme taşıma tipini belirlemek için sonuç motoru ile kullanılan kuralları sağlar. En son olarak, final kararı aksiyomatik tasarımın bilgi aksiyomunun kullanılmasıyla aynı tip alternatifler arasından en uygun ekipmanın seçimi için verilmiştir. Alternatiflerin değerlendirilmesi hem belirli hem de belirsiz durumlar için yapılmıştır [72]. Murat ve Kulak (2005), bu çalışmada seçilen rotaya bağlı olarak ulaşım maliyetleri ve sürücü sağlığı önemli oranda etkilendiği için, seyahat süresi, tıkanma seviyesi, güvenlik ve çevre faktörü gibi rota seçiminde göz önüne alınması gereken ölçütleri göz önüne alarak sürücüler için en uygun rotanın değerlendirilmesi ve seçilmesinde bilgi aksiyomunu kullanan bir yaklaşımı sunmuşlardır. Kesin (crisp) ölçüt değerleri için klasik bilgi aksiyomu yaklaşımını ve bulanık (fuzzy) ölçüt değerleri için bulanık bilgi aksiyomu yaklaşımını içeren bu yöntem, Denizli kentinde rotaların değerlendirilmesi için uygulanmıştır [73].

Coelho ve Mourao (2007), çalışmalarında tasarım sürecinde karar vermeye bir çerçeve sağlayan bir mühendislik tasarımı olan AT'nin her ürün ve ilgili imalat süreci arasındaki ilişkileri algılamayı nasıl sağladığını göstermiştir. AT'nin bilgi içeriğinin, mekanik bir bileşenin sonradan ortaya çıkan detaylı tasarımını sağlayabilmek amacıyla en uygun imalat sürecini seçmek için nasıl uygulanabildiğini tanımlamak için kullanılır. Ürünlerin firmanın istediği maliyet ve direnç aralığını sağlaması için hangi teknolojinin kullanılması gerektiğini bulmak için Bilgi aksiyomu kullanılmıştır [74].

4. BULANIK AKSİYOMATİK TASARIM YAKLAŞIMI İLE HİYERARŞİK BİR TEDARİKÇİ SEÇİM MODELİ

Bu tez kapsamında, Manisa’da faaliyet gösteren beyaz eşya üreticisi bir firmanın kullandığı kritik bir parça için tedarikçi seçimi problemi ele alınmış ve bulanık AT yöntemi ile hiyerarşik bir tedarikçi seçim modeli geliştirilerek 3 alternatif tedarikçi arasından seçim yapılmıştır. Aksiyomatik tasarımda bilgi aksiyomunu kullanarak verilen tasarım alternatifleri arasında seçim yaparken tasarımın gereklerini karakterize eden ölçütler yani fonksiyonel ihtiyaçlar (Fİ), tedarikçi seçim probleminde seçimi etkileyen kriterlerdir.

Çalışmada ilk olarak tedarikçi firma seçim sürecini etkileyen kriterler belirlenmiş ve bu aşamada işletme içinden bu konu ile ilgili Satınalma Müdürü ile birlikte çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda işletme için tedarikçi firma seçimini etkileyen en önemli kriterler 7 ana başlık altında belirlenmiş ve bu ana başlıklar alt kriterlere ayrıştırılarak detaylandırılmıştır. Bunlar;

1. MALİYET: Tedarik edilen parçanın firma için satın alma ve lojistik maliyeti ile birlikte toplam maliyetini kapsar.

1.1. Birim Maliyet: Tedarikçiden alınan bir birim parçanın fiyatını ifade eder.

1.2. Toplam Lojistik Maliyeti: Parçanın tedarikçiden firmaya ulaştırılmasına kadar harcanan toplam maliyeti ifade eder.

1.2.1. Taşıma maliyeti: Parçanın tedarikçiden firmaya nakledilmesi için harcanan maliyettir.

1.2.2. Stok maliyeti: Hammaddenin kullanılmadan önce firmaya ulaşmasından sonra firmada depolanması için harcanan maliyettir.

1.2.3. Sigorta maliyeti: parçanın herhangi kaza yada duruma göre arızalanması yada bozulmasına karşı sigortalanmasının maliyetini ifade eder.

2. KALİTE: Parçanın firmanın istediği kalite düzeyinde, hata oranı düşük ve güvenilir olmasını ifade eder.

2.1. Spesifikasyonlara Uygun Sipariş Yüzdesi: Tedarik edilen bir hammadde partisi için firmanın belirlediği kalite standartlarına uygun olan ürünlerin yüzde cinsinden oranını ifade eder.

2.2. Hatalı Ürün Yüzdesi: Gelen bir partinin kabul edilebilir olması için firmanın belirlediği hatalı ürünlerin yüzde cinsinden değerini ifade eder.

2.3. Ürün Güvenilirliği: Parçanın genel olarak firmanın istediği kalite ve teknik düzeyde olup, parçanın kullanılması sırasında sorun olmamasını ifade eder.

3. TESLİM: Sipariş edilen parçanın teslimat süresi ve tesliminde önemli olan ölçütleri kapsar.

3.1. Teslim Süresi: Parçanın siparişi verildikten sonra firmanın eline ulaşana kadar geçen süreyi ifade eder.

3.2. Teslim Performansı: ürünün firmaya sağlam, istenilen zaman ve miktarda ulaştırılabilme kabiliyetidir.

3.2.1. Zamanında teslim: Sipariş edilen parçanın tam firmanın istediği zamanda teslim edilebilmesini ifade eder.

3.2.2. İstenilen miktarda teslim: Parçanın sipariş edilen miktarda firmaya teslimidir.

4. ESNEKLİK: Firmanın istediği miktar, zaman ve teknik anlamdaki ani değişikliklerine tedarikçinin cevap verebilmesini ifade eder.

4.1. Miktar Esnekliği: Firma için ani bir talep artışında istenilen miktarda sağlayabilme yeteneğidir.

4.2. Modifikasyon Esnekliği: Talep edilen parçanın firmanın üreteceği ürüne göre modifiye edilmesi gerektiğinde firmanın buna uyum sağlayabilmesidir.

4.3. Zaman Esnekliği: tedarikçiyle belirlenen teslim süresinde esneklik yapılabilmesi yani zaman zaman ani bir değişimle erken bir talep karşılamamız gerektiğinde tedarikçinin bunu karşılayabilmesidir.

5. TEKNİK YETERLİK: Tedarikçinin teknik anlamda firmanın üreteceği ürün için yeterli olmasıdır.

5.1. Firmanın Araştırma Geliştirme Yeteneği : Tedarikçilerin firmanın beklentileri dışında ürünlerini geliştirip firmaya ve diğer müşterilerine yenilikler sunabilmesidir.

5.2. Teknolojik Yeterlik: Tedarikçilerin firmanın istediği standart ve teknolojide ürünleri sağlayabilme derecesidir.

5.3. Teknoloji Paylaşımı: Tedarikçilerin kullandığı yada keşfettiği teknolojiyi firma ile paylaşması ve bu konuda firmayı bilgilendirmesini ifade eder.

5.4. Tedarikçi Kapasitesi: Tedarikçinin firma ve diğer müşterilerin istedikleri anda ani taleplerini karşılayabilmesi için gerekli olan belli bir miktarda ürün üretebilecek kapasitesini tanımlar.

6. SERVİS: Tedarikçinin parçayı iyi bir şekilde sağlaması, sağlama yolu ve sağladıktan sonra parça ile ilgili meydana gelebilecek herhangi bir problemle ilgilenmesidir.

6.1. Bilgi Paylaşımı: tedarikçiler ile siparişlerin internet üzerinden takibinin yapılabilmesi, onlara bu kapsamda bağlanabilmeyi ifade eder.

6.2. Şikayetlerin Ele Alınması: firmadan gelen gerek hatalı ürün yada herhangi bir konudaki şikayetlerin ciddi bir şekilde tedarikçiler tarafından değerlendirilmesidir.

6.3. Servis Destek: Tedarikçinin parçanın tesliminden sonra meydana gelebilecek sorunları çözebilmesidir.

6.3.1. Tamir Geri Dönüşüm Süresi: Hatalı ürünler yada arızalanan hammaddelerin tamir için firmaya gönderildiklerinde firmanın eline geri dönüş süresini tanımlar.

6.3.2. Garanti süresi: Firmanın kabul edebilmesi için parçanın ne kadar süre garantili olması gerektiğini ifade eder.

7. GEÇMİŞ PERFORMANS: Tedarikçi firmanın temin edilen parça ile ilgili geçmişteki performansı ve deneyimlerini ifade eder.

7.1. Tedarikçinin Uzmanlığı: Tedarikçinin bu parçayı üretme konusundaki geçmiş performansının nasıl olduğunu ifade eder.

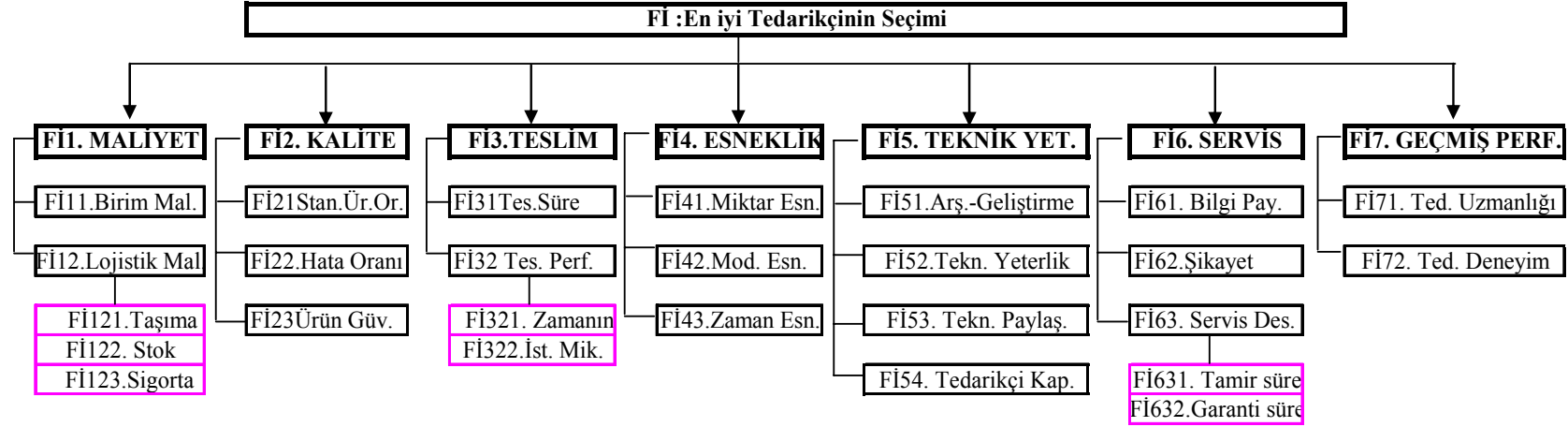
7.2. İlgili Üründe Deneyim: Tedarikçi ilgili ürünü ne kadar süredir üretmekte olduğunu ifade eder.

Bu kriterler doğrultusunda en iyi tedarikçi firmayı belirlemek için, Bulanık AT yaklaşımı ve kriterlerin ağırlıklandırıldığı durum göz önüne alınarak Ağırlıklı Bulanık AT yaklaşımı kullanılmıştır.

Firmadaki ilgili yöneticilerle yukarıda belirlenen tedarikçi seçim kriterleri fonksiyonel ihtiyaçlara dönüştürülerek Şekil 4.1'deki tedarikçi seçim modeli oluşturulmuştur. Bu hiyerarşik modelde, tedarikçinin bilgi içeriğini hesaplarken, Eş.3.9'dan yararlanılarak daha fazla alt birime ayrıştırılamayan tüm Fİ'ler (yaprak) için bulunan bilgi içerikleri toplanır ve sonuçta elde edilen değer tedarikçi firmaya ait bilgi içeriğini ifade eder. Örneğin, Fİ11 daha fazla alt birime ayrıştırılamadığı için, Fİ11 için elde edilen bilgi içeriği ile Fİ121, Fİ122 ve Fİ123 için elde edilen bilgi içerikleri toplanır ve Fİ1 için bilgi içeriği hesaplanmış olur. Bu işlemler diğer kriterler için de aynı şekilde yapılarak tedarikçinin sahip olduğu bilgi içeriği hesaplanmış olur.

4.1. Bulanık Aksiyomatik Tasarım (AT) ile Tedarikçi Seçimi

Aksiyomatik tasarımın Bilgi Aksiyomunu uygulamak için öncelikle Aksiyomatik tasarımın Bağımsızlık aksiyomunun sağlanması gerekir. Bu çalışmada alternatifler için sağlanması gereken fonksiyonel ihtiyaçlar, yani belirlenen kriterler birbirinden bağımsızdır. Her bir alternatifin sahip olduğu bilgi içeriğinin hesaplanabilmesi için fonksiyonel ihtiyaçların (Fİ) tasarım aralıklarının belirlenmesi gerekir. Bu amaçla firmadaki ilgili kişi ile birlikte yapılan çalışma sonucunda fonksiyonel ihtiyaçlar için belirlenen tasarım aralıkları (kısıtlar) ve tedarikçi firmaların gerçekleştirdikleri sistem aralıkları aşağıda Çizelge 4.1'de verilmiştir:



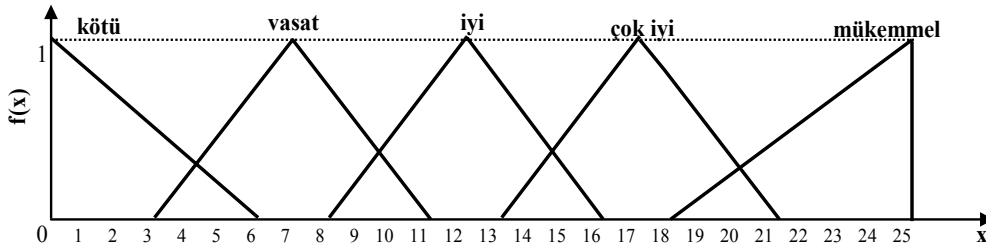
Şekil 4.1. Tedarikçi seçim modelinin hiyerarşisi

Çizelge 4.1. Firmanın belirlediği tasarım aralığı ve tedarikçilerin sistem aralık verisi

	Kriterler(Fİ)	Birim	Firma İsteği	D firması	I firması	F firması
			Tasarım Aral.	Sistem Aralıkları		
1	MALİYET					
	1.1.Birim Maliyet	EUR	0,85-1,3	1,2-1,4	1,1-1,4	0,9-1,15
	1.2.Toplam lojistik	EUR				
	1.2.1 taşıma	EUR	800-1200	1000-1250	900-1400	800-1300
	1.2.2 stok	EUR x 1000	20000-30000	25000-35000	15000-30000	20000-35000
	1.2.3 sigorta	EUR	50-200	150-250	125-250	25-100
2	KALİTE					
	2.1.Std.Uyg. Sip.Oran	%	95-100%	%90-100	%95-100	%92-100
	2.2.Hata Ürün Yüz d.	%	0-5%	%1-6	%3-8	%2-7
	2.3.Ürün Güvenilirliği	Dilsel	(17,22,25)	mükemmel	çok iyi	çok iyi
3	TESLİM					
	3.1.Teslim Süresi	Gün	15-30	20-35	15-20	20-40
	3.2.Teslim Perf.					
	3.2.1.Zamanında Tes.	Dilsel	(15,20,25)	iyi	mükemmel	çok iyi
	3.2.2.İst.Miktarda Tes.	Dilsel	(18,20,25)	Mükemmel	çok iyi	Mükemmel
4	ESNEKLİK					
	4.1.Miktar Esnekliği	Dilsel	(9,17,25)	vasat	çok iyi	iyi
	4.2.Modf. Esnekliği	Dilsel	(14,20,25)	çok iyi	çok iyi	iyi
	4.3.Zaman Esnekliği	Dilsel	(10,18,25)	iyi	mükemmel	çok iyi
5	TEKNİK YETERLİK					
	5.1.Firm.Arş-Gelş.Yet.	Dilsel	(8,18,25)	Mükemmel	iyi	vasat
	5.2.Teknik Yeterlik	Dilsel	(14,18,25)	Mükemmel	mükemmel	çok iyi
	5.3.Teknoloji Paylaşımı	Dilsel	(9,16,25)	çok iyi	iyi	vasat
	5.4.Tedarikçi Kapasitesi	milyon ad/yıl	8-20	6-12	4-14	10-20
6	SERVİS					
	6.1.Bilgi Paylaşımı	Dilsel	(7,17,25)	iyi	çok iyi	çok iyi
	6.2.Şikayetlerin Ele Alın.	Dilsel	(17,22,25)	mükemmel	çok iyi	çok iyi
	6.3.Servis Destek					
	6.3.1.Tamir Süresi	Gün	20 -35 gün	20- 40	25-50	15-30
	6.3.2.Garanti Süresi	Ay	24 - 48 ay	20-30 ay	12-30 ay	12-60 ay
7	GEÇMİŞ PERFORMANS					
	7.1.Ted. Uzmanlığı	Dilsel	(14,25,25)	mükemmel	çok iyi	iyi
	7.2. Ted. Deneyimi	Yıl	4-10 yıl	5-10 yıl	3-12 yıl	3-8 yıl

Çizelge 4.1’de de görüldüğü gibi, bazı kriterler sayısal olarak ifade edilemediği için dilsel değişkenler kullanılmıştır. Bu kriterlerin sayısal verilere dönüştürülmesi için Şekil 4.2’de verilen dilsel değişkenlerin üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Buna göre; bir firma “kötü” ile ifade diliyorsa (0,0,6) değerini, “vasat” ile ifade ediliyorsa

(3,7,11) değerini, “iyi” ile ifade ediliyorsa (8,12,16) değerini, “çok iyi” ile ifade ediliyorsa (13,17,21) değerini, mükemmel ile ifade ediliyorsa (18,25,25) değerini alacaktır.



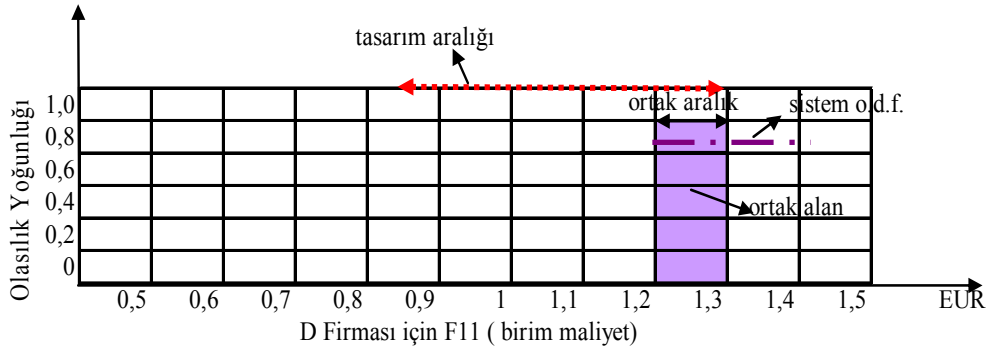
Şekil 4.2. Sayısal olmayan kriterler için üçgensel bulanık sayılar

4.1.1. Tedarikçi firmaların fonksiyonel ihtiyaçlara (kriter) göre bilgi içeriklerinin hesaplanması

Tedarikçi seçim modelindeki daha fazla alt birime ayrıştırılmayan her Fİ için bilgi içerikleri Eş.3.3 ve Eş.3.10 kullanılarak hesaplanır ve Eş.3.9 ile D, İ ve F tedarikçi firmalarına ait toplam bilgi içerikleri elde edilir. Bilgi içeriklerinin hesaplanmasında sayısal olarak değerlendirilemeyen kriterler için bulanık üçgensel sayılar kullanılmıştır.

Maliyet ana kriterinin (Fİ1) alt kriteri olan “Birim maliyet” kriteri (Fİ11) için tasarım aralığının 0,85 ile 1,3 EURO arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda D, İ ve F tedarikçi firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.3.a, Şekil 4.3.b ve Şekil 4.3.c’de gösterilmiştir. Birim maliyet nicel bir değer olduğu için ve doğrusal bir aralıkla ifade edildiği için uniform olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılmıştır.

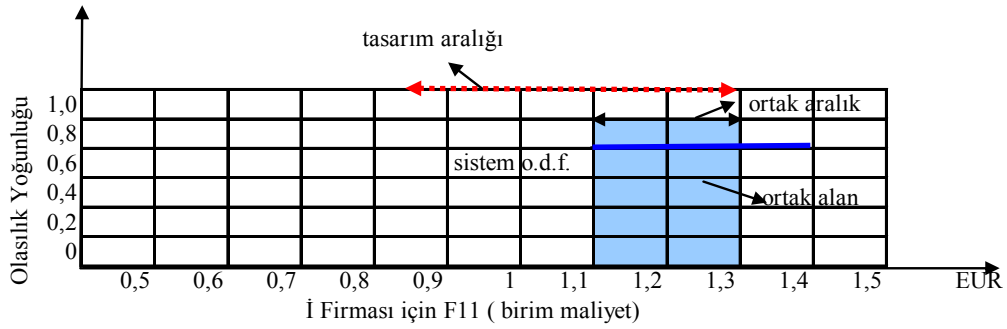
Tasarım aralığı D firması sistem aralığı - - - - -
 İ firması sistem aralığı _____ F firması sistem aralığı - - - - -



Şekil 4.3.a. D firmasının birim maliyet kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

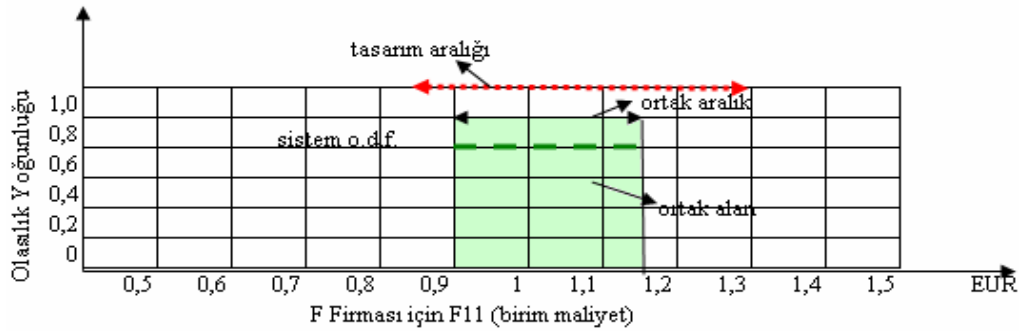
$$I_{D11} = \log_2 \left(\frac{1,4 - 1,2}{1,3 - 1,2} \right) = 1,00$$

D firmasının sistem olasılık dağılım fonksiyonu 1,2 ile 1,4 değerleri arasındadır. Buradan tasarım aralığı ile sistem aralığı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak aralık 1,3 ile 1,2 arasındaki aralığı kapsar. D firmasının birim maliyet kriteri için bilgi içeriği (I_{D11}) de Eş. 3.3'den yukarıdaki hesaplama sonucu elde edilir. Sistem aralığı ile tasarım aralığı arasındaki kesişim aralığı arttıkça bilgi içeriği de azalmaktadır.



Şekil 4.3.b. İ firmasının birim maliyet kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{I11} = \log_2 \left(\frac{1,3 - 1,1}{1,4 - 1,1} \right) = 0,585$$

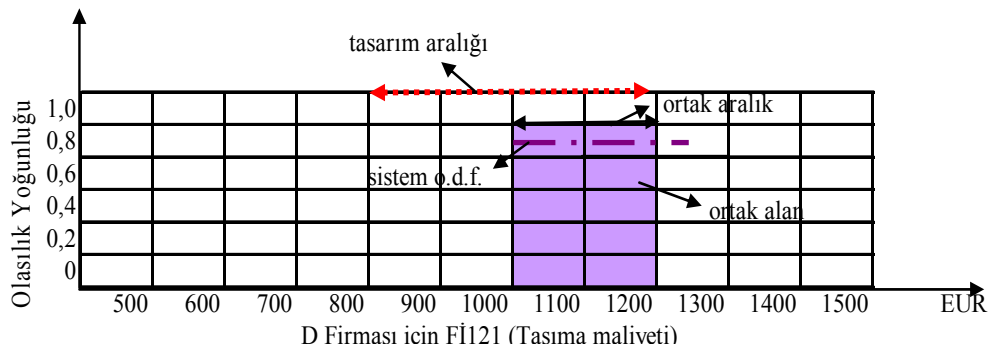


Şekil 4.3.c. F firmasının birim maliyet kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{F11} = \log_2 \left(\frac{1,2 - 0,9}{1,2 - 0,9} \right) = 0$$

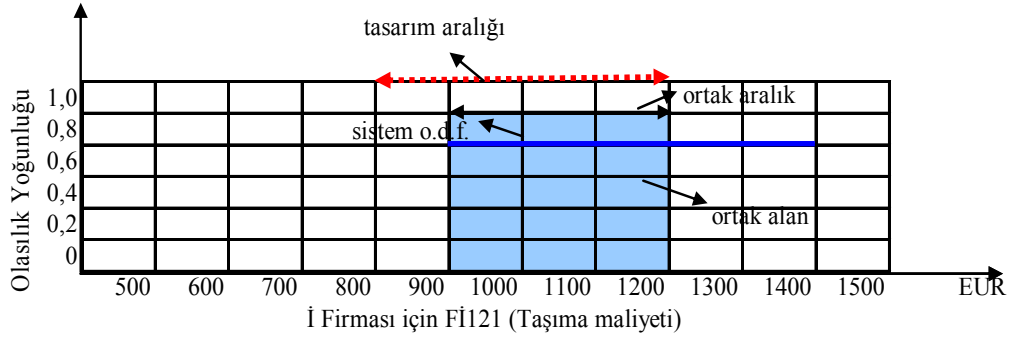
F firmasının birim maliyet kriteri için gerçekleştirdiği sistem aralığı ile ortak aralık aynı aralıktadır. Bu nedenle bilgi içeriği değeri olması istenen ideal değer 0'a eşittir. Her üç firma için elde edilen sonuçlara bakıldığında, "Birim maliyet" kriteri (Fİ11) için en iyi değeri minimum bilgi içerği sıfıra eşit olduğu için F firması sağlamıştır.

Maliyet ana kriterinin (Fİ1) lojistik maliyeti alt kriterinin (Fİ12) alt birimi olan "Taşıma maliyeti" kriteri (Fİ121) için tasarım aralığının 800 ile 1200 EURO arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda D, İ ve F firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.4.a, Şekil 4.4.b ve Şekil 4.4.c'de gösterilmiştir.



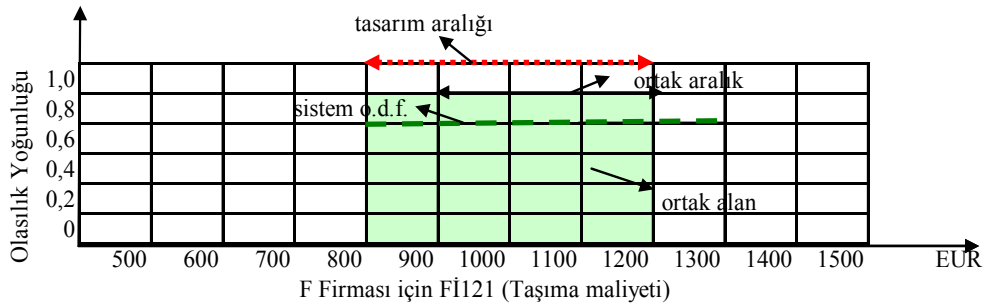
Şekil 4.4.a.D firmasının taşıma maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{D121} = \log_2 \left(\frac{1250 - 1000}{1200 - 1000} \right) = 0,322$$



Şekil 4.4.b.İ firmasının taşıma maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{I121} = \log_2 \left(\frac{1400 - 900}{1200 - 900} \right) = 0,737$$

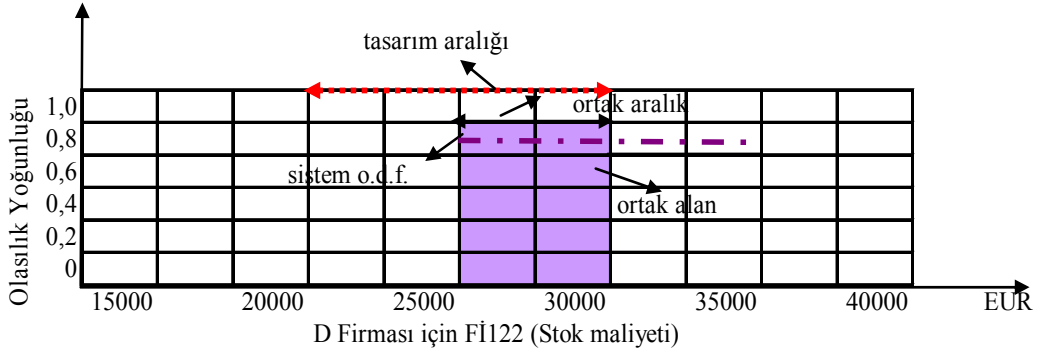


Şekil 4.4.c.F firmasının taşıma maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{F121} = \log_2 \left(\frac{1300 - 800}{1200 - 800} \right) = 0,322$$

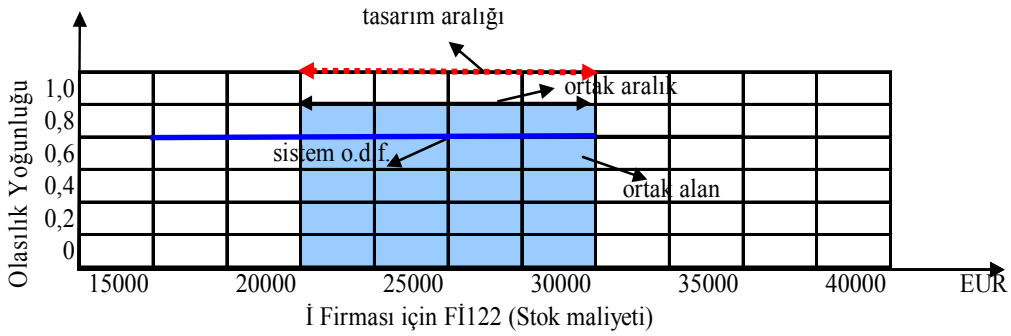
“Taşıma maliyeti” kriteri (Fİ121) için elde edilen firma bilgi içerikleri incelendiğinde D ve F firmaları için hesaplanan bilgi içeriği değerleri eşit ve İ firmasının bilgi içeriğinden daha küçük olduğu için bu firmalar eşit olarak en iyi değeri sağlamışlardır.

Lojistik maliyeti alt kriterinin (Fİ12) ikinci alt birimi olan “Stok maliyeti” kriteri (Fİ122) için tasarım aralığının 20000 ile 30000 EURO arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda D, İ ve F firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.5.a, Şekil 4.5.b ve Şekil 4.5.c’de gösterilmiştir.



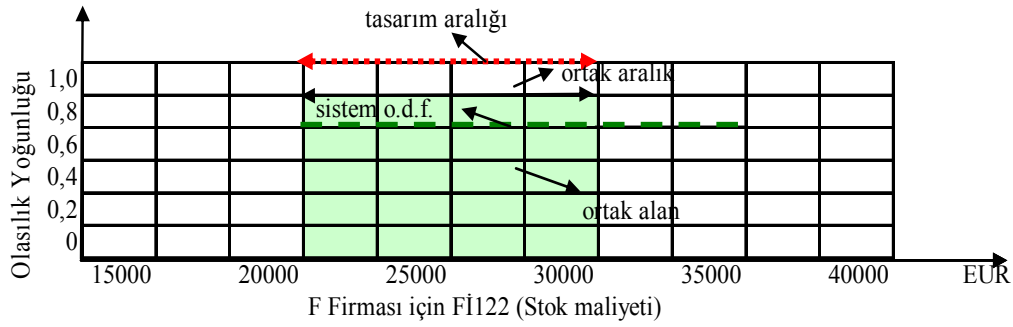
Şekil 4.5.a D firmasının stok maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{D122} = \log_2 \left(\frac{35000 - 25000}{30000 - 25000} \right) = 1,00$$



Şekil 4.5.b İ firmasının stok maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{I122} = \log_2 \left(\frac{35000 - 25000}{30000 - 25000} \right) = 0,585$$

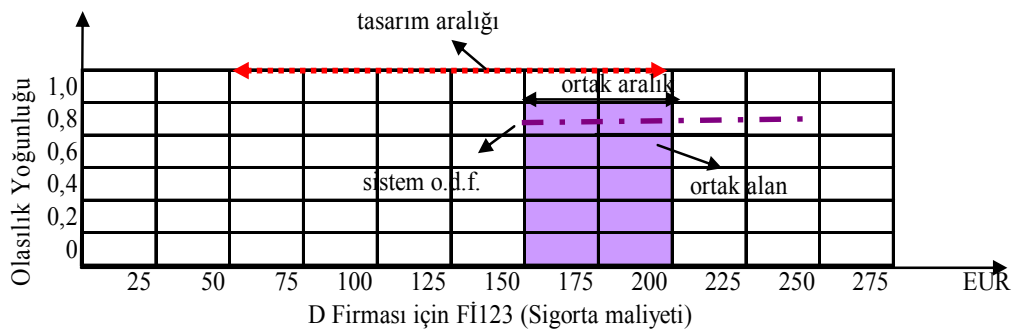


Şekil 4.5.c. F firmasının stok maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{F122} = \log_2 \left(\frac{35000 - 20000}{30000 - 20000} \right) = 0,585$$

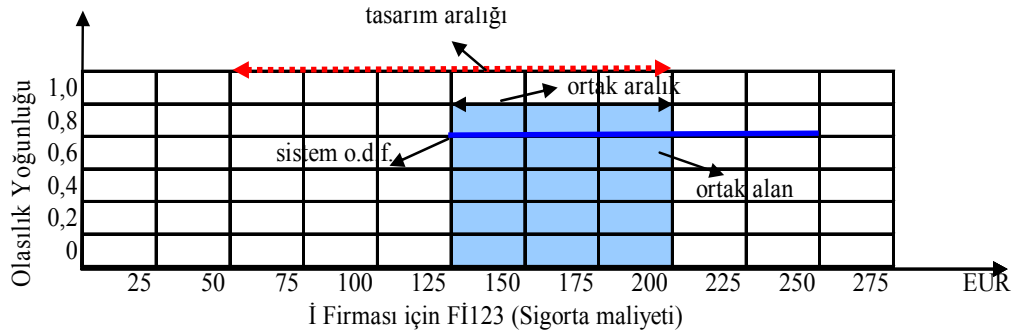
“Stok maliyeti” kriteri (Fİ122) için elde edilen firma bilgi içerikleri incelendiğinde İ ve F firmaları için hesaplanan bilgi içeriği değerleri eşit ve D firmasının bilgi içeriğinden daha küçük olduğu için bu firmalar eşit olarak en iyi değeri sağlamışlardır.

Lojistik maliyeti alt kriterinin (Fİ12) üçüncü alt birimi olan “Sigorta maliyeti” kriteri (Fİ123) için tasarım aralığının 50 ile 200 EURO arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda D, İ ve F firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.6.a, Şekil 4.6.b ve Şekil 4.6.c’de gösterilmiştir.



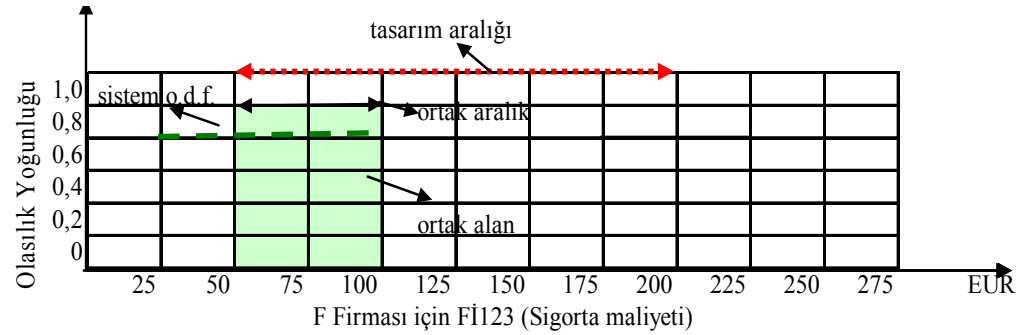
Şekil 4.6.a. D firmasının sigorta maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{D123} = \log_2 \left(\frac{250 - 150}{200 - 150} \right) = 1,00$$



Şekil 4.6.b. İ firmasının sigorta maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{I123} = \log_2 \left(\frac{250 - 125}{200 - 125} \right) = 0,737$$

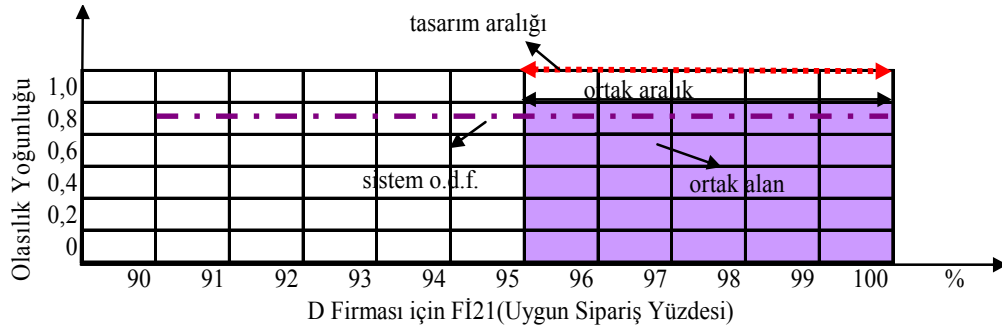


Şekil 4.6.c. F firmasının sigorta maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{F123} = \log_2 \left(\frac{100 - 25}{100 - 50} \right) = 0,585$$

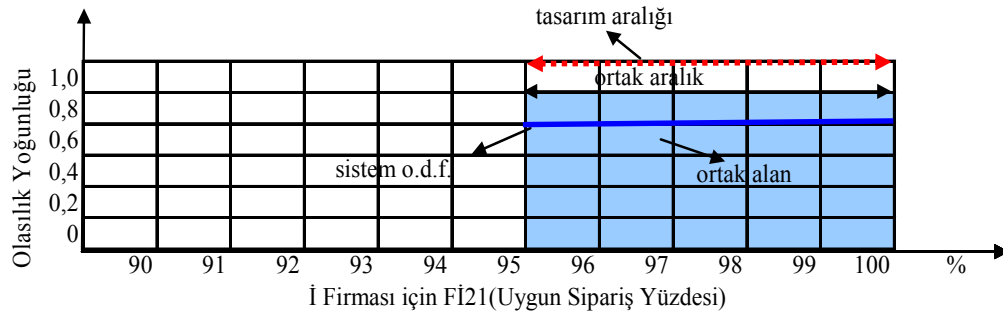
“Sigorta maliyeti” kriteri (Fİ123) için elde edilen firma bilgi içerikleri incelendiğinde en küçük bilgi içeriği değeri F firmasına ait olduğu için, bu kriter için en iyi değeri F firması sağlamıştır.

Kalite ana kriterinin Fİ2) birinci alt kriteri olan “Spesifikasyonlara uygun sipariş yüzdesi” kriteri (Fİ21) için tasarım aralığının yüzde 95 ile 100 arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda D, İ ve F firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.7.a, Şekil 4.7.b ve Şekil 4.7.c’de gösterilmiştir.



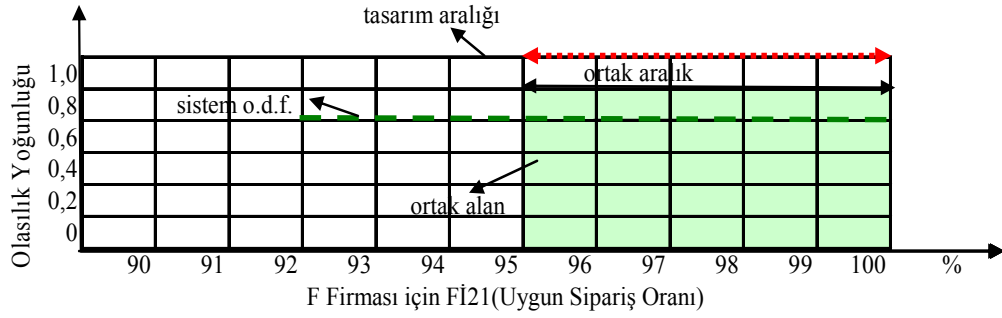
Şekil 4.7.a.D firmasının spesifikasyonlara uygun sipariş oranı kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{D21} = \log_2 \left(\frac{100 - 90}{100 - 95} \right) = 1,00$$



Şekil 4.7.b.İ firmasının spesifikasyonlara uygun sipariş oranı kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{I21} = \log_2 \left(\frac{100 - 95}{100 - 95} \right) = 0$$

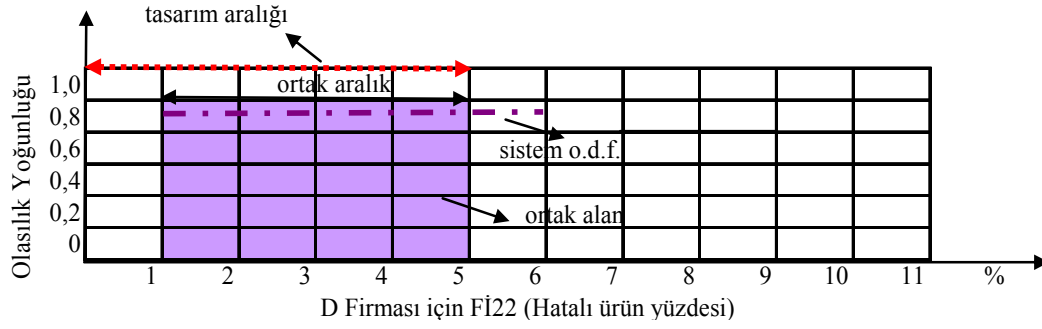


Şekil 4.7.c. F firmasının spesifikasyonlara uygun sipariş oranı kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{F21} = \log_2 \left(\frac{100 - 92}{100 - 95} \right) = 0,678$$

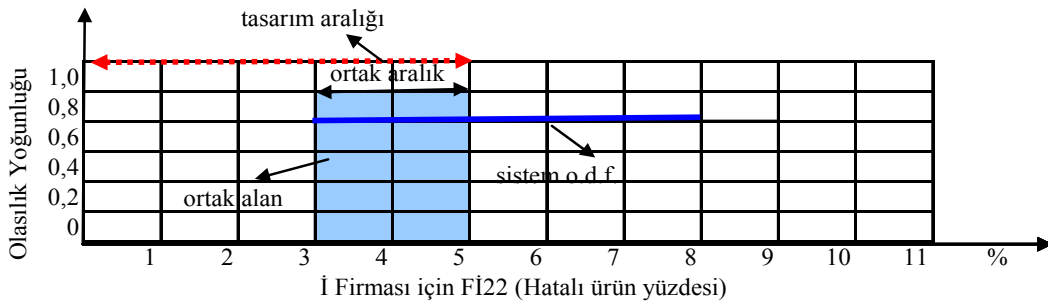
İ firmasının “Spesifikasyonlara uygun sipariş yüzdesi” kriteri (Fİ21) için gerçekleştirdiği sistem aralığı ve tasarım aralığı dolayısıyla ortak aralık da aynı aralıkta yer almaktadır. Bu nedenle bilgi içeriği değeri olması istenen ideal değer 0’a eşittir. Her üç firma için elde edilen sonuçlara bakıldığında, “Spesifikasyonlara uygun sipariş yüzdesi” kriteri (Fİ21) için en iyi değeri minimum bilgi içeriği sıfıra eşit olduğu için İ firması sağlamıştır.

Kalite ana kriterinin (Fİ2) ikinci alt kriteri olan “Hatalı ürün yüzdesi” kriteri (Fİ22) için tasarım aralığının yüzde 0 ile 5 arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda D, İ ve F firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.8.a, Şekil 4.8.b ve Şekil 4.8.c’de gösterilmiştir.



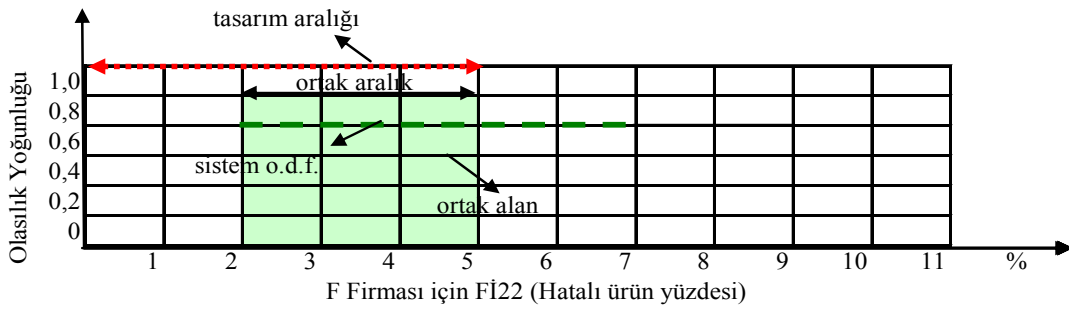
Şekil 4.8.a.D firmasının hatalı ürün yüzdesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{D22} = \log_2 \left(\frac{6-1}{5-1} \right) = 0,322$$



Şekil 4.8.b.İ firmasının hatalı ürün yüzdesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{I22} = \log_2 \left(\frac{8-3}{5-3} \right) = 1,322$$

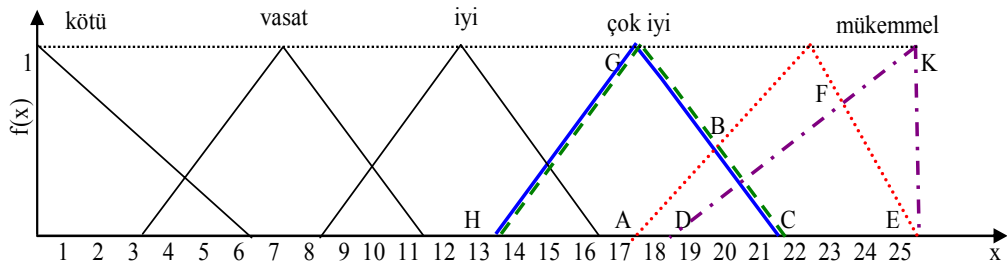


Şekil 4.8.c.F firmasının hatalı ürün yüzdesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{F22} = \log_2 \left(\frac{7-2}{5-2} \right) = 0,737$$

Her üç firma için elde edilen sonuçlara bakıldığında, “Hatalı ürün yüzdesi” kriteri (Fİ22) için en iyi değeri minimum bilgi içeriği 0,322 değerine sahip olduğu için D firması sağlamıştır.

“Ürün güvenilirliği” kriteri (Fİ23) ve bunun gibi nicel olarak ifade edilemeyen kriterler değerlendirilirken tasarım ve sistem aralıkları dilsel değişkenlerle ifade edilmiştir. Bu dilsel değişkenleri sayısal forma çevirerek hesaplamaların yapılabilmesi için üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır. Şekil 4.9’da firmanın “Ürün güvenilirliği” kriteri (Fİ23) için tasarım aralığının (17,22,25) üçgensel bulanık fonksiyonuyla ifade edildiği durumda D, İ ve F firmaları için tasarım, sistem ve ortak alanları gösterilmiştir. Fİ23 için D firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25), İ ve F firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldıkları üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21)’dir. DFE üçgeninin alanı, D firmasının sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olup ortak alanı ifade etmektedir. İ ve F firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı aynı olduğu için tasarım alanı ile kesiştikleri bölge de aynı olup, ABC üçgeninin alanı bu iki firma için ortak alanı ifade etmektedir.



Şekil 4.9. D, İ ve F firmalarının ürün güvenilirliği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₂₃ Tasarım aralığı : (17,22,25)

A (17;0) B (19,2;4/9) C (21;0) D (18;0) E (25;0) F (22,9;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{DFE}\right) = (25-18) * (7/10) * 1/2 = 49/20 \text{ br}^2 \text{ (D firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (21-17) * (4/9) * 1/2 = 8/9 \text{ br}^2 \text{ (İ ve F firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{DKE}\right) = (25-18) * 1 * 1/2 = 7/2 \text{ br}^2 \text{ (D firması için sistem alanı)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{HGC}\right) = (21-13) * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2 \text{ (İ ve F firması için sistem alanı)}$$

$$p_{D23} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{DFE}\right)}{A\left(\overset{\Delta}{DKC}\right)} = \frac{49/20}{7/2} = 0,7$$

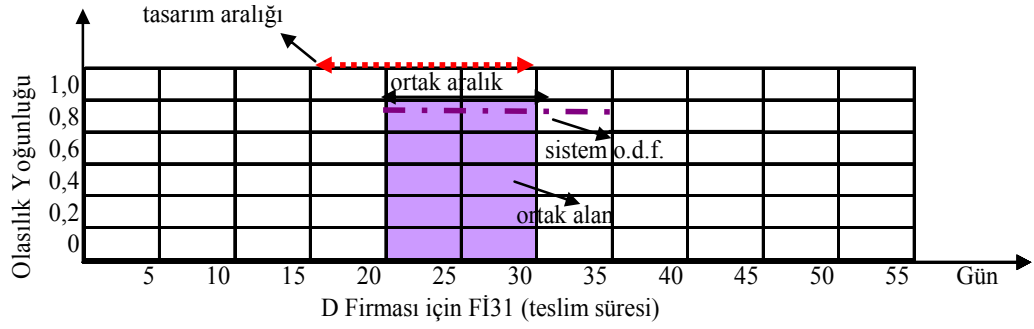
$$I_{D23} = \log_2\left(\frac{10}{7}\right) = 0,515$$

$$p_{I23} = p_{F23} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{A\left(\overset{\Delta}{HGC}\right)} = \frac{8/9}{4} = 2/9$$

$$I_{I23} = I_{F23} = \log_2\left(\frac{9}{2}\right) = 2,17$$

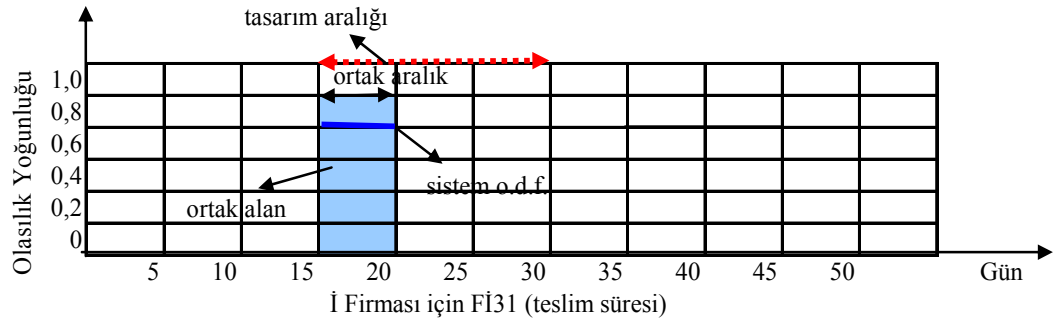
“Ürün güvenilirliği” kriteri (Fİ₂₃) için yapılan hesaplamalar incelendiğinde D firmasının sistem alanı ile tasarım alanı arasında daha fazla ortak alan olduğu için D firması daha küçük bilgi içeriği değerine sahiptir.

Teslim ana kriterinin (Fİ₃) birinci alt kriteri olan “Teslim süresi” kriteri (Fİ₃₁) için tasarım aralığının 15 ile 30 gün arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda D, İ ve F firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.10.a, Şekil 4.10.b ve Şekil 4.10.c’de gösterilmiştir.



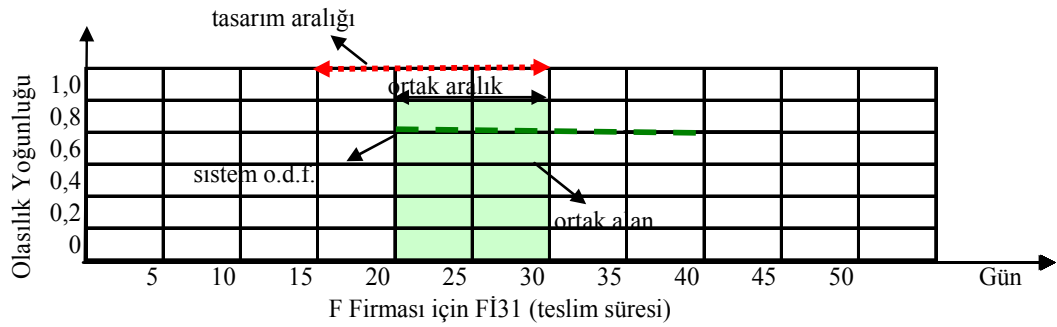
Şekil 4.10.a.D firmasının teslim süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{D31} = \log_2 \left(\frac{35 - 20}{30 - 20} \right) = 0,585$$



Şekil 4.10.b. İ firmasının teslim süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{I31} = \log_2 \left(\frac{20 - 15}{20 - 15} \right) = 0$$

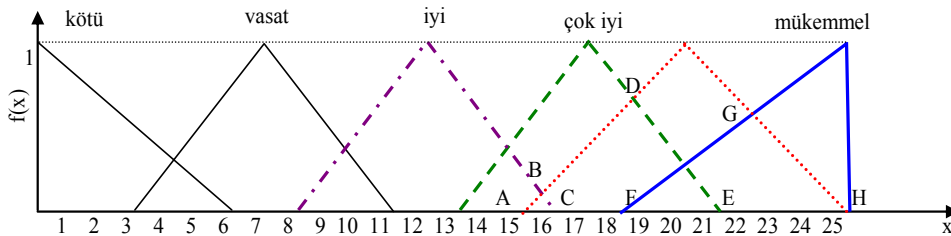


Şekil 4.10.c.F firmasının teslim süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{F31} = \log_2 \left(\frac{40 - 20}{30 - 20} \right) = 1,00$$

İ firmasının “Teslim süresi” kriteri (Fİ31) için gerçekleştirdiği sistem aralığı ile ortak aralık aynı aralıkta yer almaktadır. Bu nedenle bilgi içeriği değeri olması istenen ideal değer 0’a eşittir. Her üç firma için elde edilen sonuçlara bakıldığında, “Teslim süresi” kriteri (Fİ31) için en iyi değeri minimum bilgi içeriği sıfıra eşit olduğu için İ firması sağlamıştır.

Teslim ana kriterinin (Fİ3) ikinci alt kriteri olan “Teslim performansı” kriterinin (Fİ32) alt birimi olan “Zamanında teslim” kriteri (Fİ321) için tasarım aralığının (15,20,25) üçgensel bulanık fonksiyonuyla ifade edildiği durumda D, İ ve F firmaları için tasarım, sistem ve ortak alanları Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Fİ32 için D firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16), İ firmasının gerçekleştirdikleri sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25), F firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21)’dir. ABC üçgeninin alanı, D firmasının sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olup ortak alanı ifade etmektedir. İ firmasının için ortak alan FGH üçgeni ile tanımlanırken, ADE üçgeni de F firmasının ortak alanını ifade etmektedir.



Şekil 4.11.D, İ ve F firmalarının zamanında teslim alt kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₃₂₁ Tasarım Aralığı : (15,20,25)

A (15;0) B (15,55;1/9) C (16;0) D (18,3;2/3) E (22;0) F (18;0) G (22,1;7/12) H (25,0)

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (16-15) * (1/9) * 1/2 = 1/18 \text{ br}^2 \text{ (D firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{EGH}\right) = (25-18) * 1/2 * 7/12 = 49/24 \text{ br}^2 \text{ (İ firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right) = (21-15) * (2/3) * 1/2 = 2 \text{ br}^2 \text{ (F firması için ortak alan)}$$

Sistem Alanı (D ve F firmaları İçin) : $8 * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2$

Sistem Alanı (İ firması İçin) : $7 * 1 * 1/2 = 3,5 \text{ br}^2$

$$p_{D331} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı D}} = \frac{1/18}{4} = 1/72 \quad I_{D331} = \log_2(72) = 6,17$$

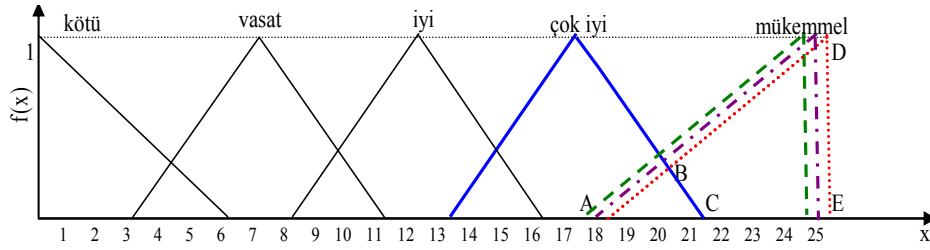
$$p_{I331} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{EGH}\right)}{\text{Sistem Alanı İ}} = \frac{49/24}{7/2} = 7/12 \quad I_{I331} = \log_2\left(\frac{12}{7}\right) = 0,78$$

$$p_{F331} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right)}{\text{Sistem Alanı F}} = \frac{2}{4} = 0,5 \quad I_{F331} = \log_2(2) = 1,00$$

“Zamanında teslim” kriteri (Fİ321) için yapılan hesaplamalar incelendiğinde İ firmasının sistem alanı ile tasarım alanı arasında daha fazla ortak alan olduğu için İ firması daha küçük bilgi içeriği değerine sahiptir. Yani İ firması bu kriteri daha iyi şekilde sağlamıştır.

Teslim ana kriterinin (Fİ3) ikinci alt kriteri olan “Teslim performansı” kriterinin (Fİ32) alt birimi olan “İstenilen miktarda Teslim” kriteri (Fİ322) için tasarım aralığının (18,25,25) üçgensel bulanık fonksiyonuyla ifade edildiği durumda D,İ ve F

firmaları için tasarım, sistem ve ortak alanları Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Fİ32 için D ve F firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı tasarım aralığı ile aynı aralıkta “mükemmel” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25)’dir. İ firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21)’dir. ADE üçgeninin alanı, D ve F firmaları için tasarım alanı ile sistem alanları aynı olduğu için her iki firma için hem sistem hem ortak alanı ifade eder. ABC üçgeninin alanı, İ firmasının sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olup, ortak alanı ifade etmektedir.



Şekil 4.12.D, İ ve F firmalarının istenilen miktarda teslim alt kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₃₂₂ Tasarım Aralığı: (18,25,25)

A (18;0) B (219/11;1/9) C (21;0) D (25;1) E (25;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (21-18) * (3/11) * 1/2 = 9/22 \text{ br}^2 \text{ (İ firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right) = (25-18) * 1 * 1/2 = 7/2 \text{ br}^2 \text{ (D ve F firması için ortak alan)}$$

Sistem Alanı (İ firması İçin) : $(21-13) * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2$

Sistem Alanı (D ve F firması İçin) : $(25-18) * 1 * 1/2 = 3,5 \text{ br}^2$

$$p_{D332} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right)}{\text{Sistem Alanı D}} = \frac{7/2}{7/2} = 1$$

$$I_{D332} = \log_2(1) = 0$$

$$p_{I332} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı } \overset{\Delta}{I}} = \frac{9/22}{4} = 9/88$$

$$I_{I332} = \log_2\left(\frac{88}{9}\right) = 3,29$$

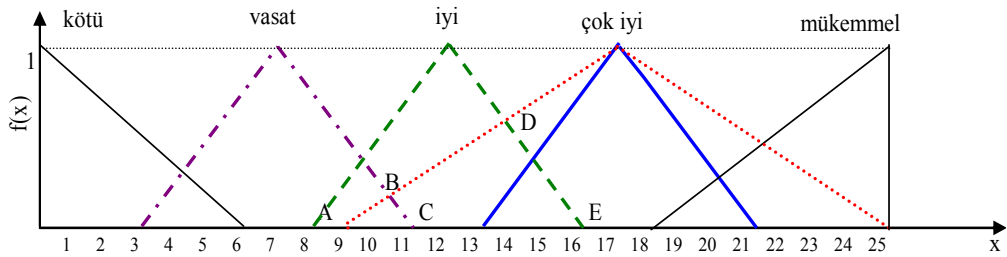
$$p_{F332} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right)}{\text{Sistem Alanı } F} = \frac{7/2}{7/2} = 1$$

$$I_{F331} = \log_2(1) = 0$$

“İstenilen miktarda teslim” kriteri (Fİ331) için D ve F firmalarının, sistem ve tasarım alanları, dolayısıyla ortak alanları da aynı alan olduğu için minimum bilgi içeriği değeri “0” a eşittir.

Esneklik ana kriterinin (Fİ4) birinci alt kriteri “Miktar esnekliği” için tasarım aralığının (9,17,25) üçgensel bulanık sayısıyla ifade edildiği durumda, D, İ ve F firmaları için sistem tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.13’de gösterilmiştir.

Fİ41 için D firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “vasat” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (3,7,11), İ firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21), F firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16)’dır. ABC üçgeninin alanı, D firmasının sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olup ortak alanı ifade etmektedir. İ firmasının için ortak alan tasarım alanının sınırları içerisinde olduğundan sistem alanına eşittir. ADE üçgeni de F firmasının ortak alanını ifade etmektedir.



Şekil 4.13. D, İ ve F firmalarının miktar esnekliği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₄₁ Tasarım Aralığı: (9,17,25)

A (9;0) B (31/3;1/6) C (11;0) D (41/3;7/12) E (16;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (11-9) * (1/6) * 1/2 = 1/6 \text{ br}^2. \text{ (D firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right) = (16-9) * 7/12 * 1/2 = 49/24 \text{ br}^2 \text{ (F firması için ortak alan)}$$

İ Firması İçin Ortak Alan ve Sistem Alanı (D, İ ve F firması İçin) : $(8) * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2$

$$p_{D41} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı D}} = \frac{1/6}{4} = 1/24$$

$$I_{D41} = \log_2(24) = 4,585$$

$$p_{I41} = \frac{\text{Sistem Alanı İ}}{\text{Sistem Alanı İ}} = \frac{4}{4} = 1$$

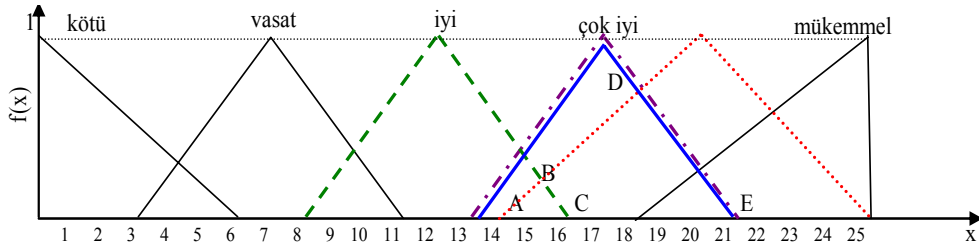
$$I_{I41} = \log_2(1) = 0$$

$$p_{F41} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right)}{\text{Sistem Alanı F}} = \frac{49/24}{4} = 49/96$$

$$I_{F41} = \log_2\left(\frac{96}{49}\right) = 0,97$$

“Miktar esnekliği” kriteri (Fİ₄₁) için İ firmasının sistem alanı tasarım alanı içerisinde yer aldığı için, ortak alan sistem alanı kadardır. Sonuç olarak minimum bilgi içeriği değeri “0” a eşittir. Bu kriteri en iyi derecede sağlayan firma İ firmasıdır.

Esneklik ana kriterinin (Fİ₄) ikinci alt kriteri “Modifikasyon esnekliği” için tasarım aralığının (14,20,25) üçgensel bulanık sayısı ile ifade edildiği durumda, D, İ ve F firmaları için sistem tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.14’de gösterilmiştir. Fİ₄₂ için D ve İ firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldıkları üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21), F firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16)’dır. ADE üçgeninin alanı, D ve İ firmaları için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alanı ifade etmektedir. ABC üçgeninin alanı, F



firmanın sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olup ortak alanı ifade etmektedir.

Şekil 4.14.D, İ ve F firmalarının modifikasyon esnekliği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right) = (21-14) * 7/10 * 1/2 = 49/20 \text{ br}^2 \text{ (D ve İ firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (16-14) * (1/5) * 1/2 = 1/5 \text{ br}^2 \text{ (F firması için ortak alan)}$$

$$\text{Sistem Alanı (D, İ ve F firması İçin)} : (8) * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2$$

$$p_{D42} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right)}{\text{Sistem Alanı D}} = \frac{49/20}{4} = 49/80$$

$$I_{D42} = \log_2 \left(\frac{80}{49} \right) = 0,707$$

$$p_{I42} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right)}{\text{Sistem Alanı İ}} = \frac{49/20}{4} = 49/80$$

$$I_{I42} = \log_2 \left(\frac{80}{49} \right) = 0,707$$

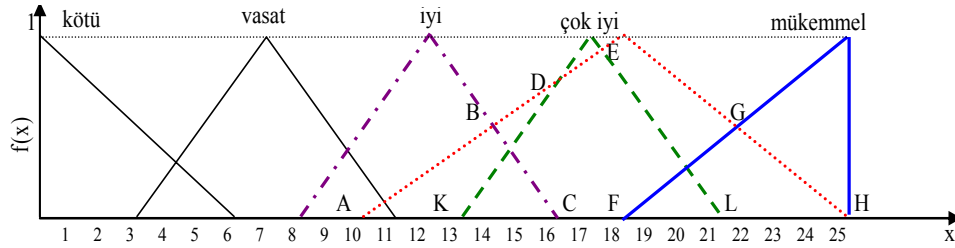
$$p_{F42} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı F}} = \frac{1/5}{4} = 1/20$$

$$I_{F42} = \log_2 (20) = 4,322$$

“Modifikasyon esnekliği” kriteri (Fİ42) için D ve İ firmalarının sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alan daha büyük olduğundan bilgi içeriği değerleri daha küçüktür. D ve İ firmaları “modifikasyon esnekliği” kriterini daha iyi derecede sağlamaktadırlar.

Esneklik ana kriterinin (Fİ4) üçüncü alt kriteri “Zaman esnekliği” için tasarım aralığının (10,18,25) üçgensel bulanık sayısıyla ifade edildiği durumda, D, İ ve F firmaları için sistem, tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.15’de gösterilmiştir.

Fİ43 için D firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16), İ firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25), F firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldıkları üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21)’dir. ABC üçgeninin alanı, D firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alanı ifade etmektedir. FGH üçgeninin alanı, İ firmasının sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanını ifade eder. F firması için ortak alan ise; KDEL yamuksal alanıdır.



Şekil 4.15. D, İ ve F firmalarının zaman esnekliği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₄₃ Tasarım Aralığı : (10,18,25)

A (10;0) B (14;1/2) C (16;0) D (16;3/4) E (52/3;11/12) F (18;0) G (21,5;1/2) H (25;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (16-10) * (1/2) * 1/2 = 3/2 \text{ br}^2 \text{ (D firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{FGH}\right) = (25-18) * 1/2 * 1/2 = 7/4 \text{ br}^2 \text{ (İ firması için ortak alan)}$$

$$A(KDEL) = \frac{1}{2} * [((16-13) * 3/4) + ((3/4 + 11/12) * (52/3 - 16)) + ((21 - 52/3) * 11/12)] \\ = 282/72 \text{ br}^2 \text{ (F firması için ortak alan)}$$

Sistem Alanı (D ve F firması İçin) : $(8)*1*1/2= 4 \text{ br}^2$

Sistem Alanı (İ firması İçin) : $(7)*1*1/2= 7/2 \text{ br}^2$

$$p_{D43} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı } D} = \frac{3/2}{4} = 3/8$$

$$I_{D43} = \log_2\left(\frac{8}{3}\right) = 1,415$$

$$p_{I43} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{FGH}\right)}{\text{Sistem Alanı } I} = \frac{7/4}{7/2} = 1/2$$

$$I_{I43} = \log_2(2) = 1,00$$

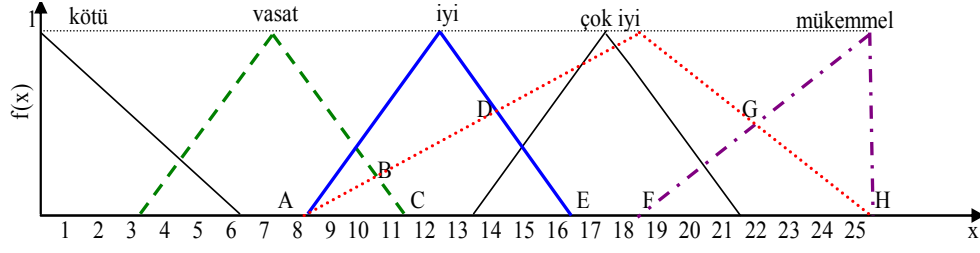
$$p_{F43} = \frac{A(KDEL)}{\text{Sistem Alanı } F} = \frac{282/72}{4} = 282/288$$

$$I_{F43} = \log_2\left(\frac{288}{282}\right) = 0,0304$$

“Zaman esnekliği” kriteri (Fİ43) için F firmasının sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alan daha büyük olduğundan bilgi içeriği değeri daha küçüktür. F firması “zaman esnekliği” kriterini daha iyi derecede sağlamaktadırlar.

Teknik yeterlilik (Fİ5) ana kriterinin birinci alt kriteri “Firmanın araştırma geliştirme yeteneği” (Fİ51) için tasarım aralığının (8,18,25) üçgensel bulanık sayısıyla ifade edildiği durumda, D, İ ve F firmaları için sistem, tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.16’da gösterilmiştir.

Fİ51 için D firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25), İ firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16), F firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “vasat” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (3,7,11)’dir. FGH üçgeninin alanı, D firmasının sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanını ifade eder. ADE üçgeninin alanı, İ firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alanı ifade ederken, F firması için ortak alan ise; ABC üçgeninin oluşturduğu alandır.



Şekil 4.16. D, İ ve F firmalarının araştırma geliştirme yeteneği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₅₁ Tasarım Aralığı : (8,18,25)

A (10;0) B (14;1/2) C (16;0) D (16;3/4) E (52/3;11/12) F (18;0) G (21,5;1/2) H (25;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{FGH}\right) = (25-18) * 1/2 * 1/2 = 7/4 \text{ br}^2 \text{ (D firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right) = (16-8) * 1/2 * 8/14 = 16/7 \text{ br}^2 \text{ (İ firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (11-8) * 1/2 * 3/14 = 9/28 \text{ br}^2 \text{ (F firması için ortak alan)}$$

Sistem Alanı (D firması İçin) : $(7) * 1 * 1/2 = 7/2 \text{ br}^2$

Sistem Alanı (İ ve F firması İçin) : $(8) * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2$

$$p_{D51} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{FGH}\right)}{\text{Sistem Alanı } D} = \frac{7/4}{7/2} = 1/2$$

$$I_{D51} = \log_2(2) = 1,00$$

$$p_{I51} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right)}{\text{Sistem Alanı } İ} = \frac{16/7}{4} = 4/7$$

$$I_{I51} = \log_2\left(\frac{7}{4}\right) = 0,807$$

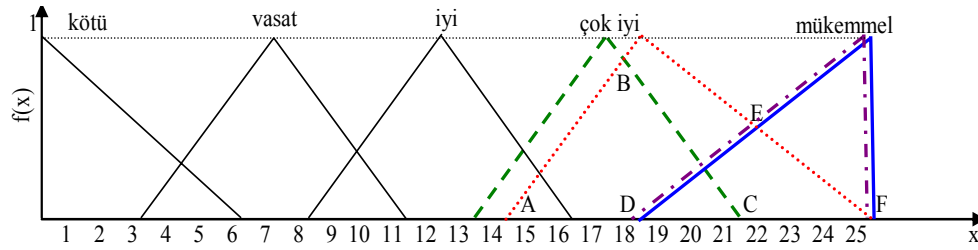
$$p_{F51} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı } F} = \frac{9/28}{4} = 9/112$$

$$I_{F51} = \log_2\left(\frac{112}{9}\right) = 3,63$$

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde “Firmanın araştırma geliştirme yeteneği” (Fİ51) kriteri için en iyi değeri İ firması sağlamıştır.

Teknik yeterlilik (Fİ5) ana kriterinin ikinci alt kriteri “Teknolojik yeterlik” (Fİ52) için tasarım aralığının (14,18,25) üçgensel bulanık sayısıyla ifade edildiği durumda, D, İ ve F firmaları için sistem, tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.17’de gösterilmiştir.

Fİ52 için D ve İ firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldıkları üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25), F firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21)’dir. DEF üçgeninin alanı, D ve İ firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanı ifade eder. ABC üçgeninin alanı, F firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alanı ifade eder.



Şekil 4.17.D, İ ve F firmalarının teknolojik yeterlik kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₅₂ Tasarım Aralığı : (14,18,25)

A (14;0) B (17,5;7/8) C (21;0) D (18;0) E (21,5;1/2) F (25;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{DEF}\right) = (25-18) * 1/2 * 1/2 = 7/4 \text{ br}^2 \text{ (D ve İ firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (21-14) * 1/2 * 7/8 = 49/16 \text{ br}^2 \text{ (F firması için ortak alan)}$$

Sistem Alanı (F firması İçin) : $(8) * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2$

Sistem Alanı (D ve İ firması İçin) : $(7) * 1 * 1/2 = 7/2 \text{ br}^2$

$$p_{D52} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{FGH}\right)}{\text{Sistem Alanı D}} = \frac{7/4}{7/2} = 1/2 \quad I_{D52} = \log_2(2) = 1,00$$

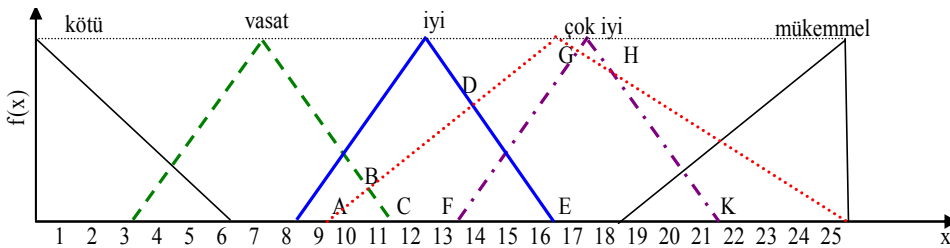
$$p_{I52} = \frac{A(\overset{\Delta}{DEF})}{Sistem Alanı \overset{\Delta}{I}} = \frac{7/4}{7/2} = 1/2 \quad I_{I52} = \log_2(2) = 1,00$$

$$p_{F52} = \frac{A(\overset{\Delta}{ABC})}{Sistem Alanı F} = \frac{49/16}{4} = 49/64 \quad I_{F52} = \log_2\left(\frac{64}{49}\right) = 0,385$$

“Teknolojik yeterlik” (Fİ52) için elde edilen sonuçlar incelendiğinde, D ve İ firması için sistem alanı aynı, dolayısıyla ortak alan da aynı olduğu için her ikisi için bilgi içeriği değeri 1’e eşittir. Ancak F firması için elde edilen bilgi içeriği değeri daha küçük olduğu için teknolojik yeterlik alanında F firması daha iyi konumdadır.

Teknik yeterlilik (Fİ5) ana kriterinin ikinci alt kriteri “Teknoloji paylaşımı” (Fİ53) için tasarım aralığının (9,16,25) üçgensel bulanık sayısıyla ifade edildiği durumda, D, İ ve F firmaları için sistem, tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.18’de gösterilmiştir.

Fİ53 için D firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21), İ firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16), F firmasının sistem alanı “vasat” ile tanımlanırken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (3,7,11)’dir. D firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanı FGHK yamuksal alanından oluşmaktadır. ADE üçgeninin alanı da İ firması için ortak alanı ifade eder. ABC üçgeninin alanı, F firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alanı ifade eder.



Şekil 4.18. D, İ ve F firmalarının teknoloji paylaşımı kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₅₃ Tasarım Aralığı : (9,16,25)

A (9;0) B (113/11;2/11) C (11;0) D (148/11;7/11) E (16;0) F (13;0) G (217/13;12/13) H (94/5;4/5) K (21;0)

$$A(FGHK) = \left[\left(\frac{217}{13} - 13 \right) * \frac{12}{13} + \left(\frac{94}{5} - \frac{217}{13} \right) * \left(\frac{12}{13} + \frac{4}{5} \right) + \left(21 - \frac{94}{5} \right) * \frac{4}{5} \right] * \frac{1}{2} = 3,89 \text{ br}$$

(D firması için ortak alan)

$$A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right) = (16-9)*7/11*1/2 = 49/22 \text{ br}^2 \text{ (İ firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (11-9)*2/11*1/2 = 2/11 \text{ br}^2 \text{ (F firması için ortak alan)}$$

Sistem Alanı D İ ve F firmaları için = 4 br²

$$p_{D53} = \frac{A(FGHK)}{\text{Sistem Alanı D}} = \frac{3,89}{4} = 0,973$$

$$I_{D53} = \log_2 \left(\frac{1}{0,973} \right) = 0,038$$

$$p_{I53} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right)}{\text{Sistem Alanı İ}} = \frac{49/22}{4} = 49/88$$

$$I_{I53} = \log_2 \left(\frac{88}{49} \right) = 0,845$$

$$p_{F53} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı F}} = \frac{2/11}{4} = 1/22$$

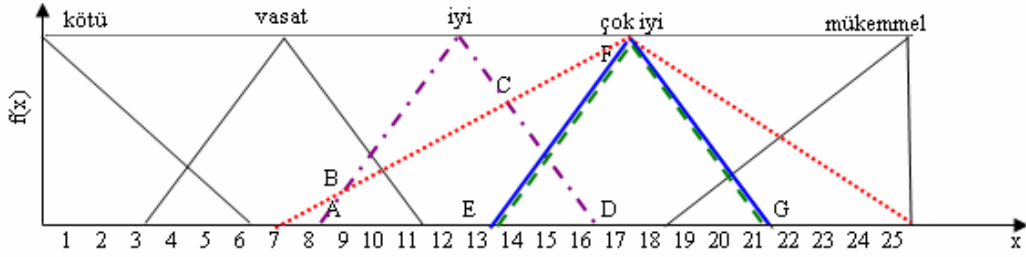
$$I_{F53} = \log_2 (22) = 4,46$$

Her üç firma için elde edilen sonuçlar incelendiğinde; en büyük ortak alana sahip dolayısıyla minimum bilgi içeriği değerine sahip firma D firmasıdır.

Servis ana kriterinin (Fİ5) birinci alt kriteri “Bilgi Paylaşımı” (Fİ61) için tasarım aralığının (7,17,25) üçgensel bulanık sayısı ile ifade edildiği durumda, D, İ ve F firmaları için sistem, tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.19’da gösterilmiştir.

Fİ61 için D firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16)’dır. İ ve F firmalarının sistem alanları eşit olup “çok iyi” ile ifade edilirken tasarım alanının sınırları içerisinde yer almaktadır. İ ve F firmasının sistem alanını tanımlayan üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21)’dir. ABCD yamuksal alanı, D firması için sistem alanı

ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alanı ifade etmektedir. EFG üçgeninin alanı, İ ve F firmaları için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanını ifade eder.



Şekil 4.19. D, İ ve F firmalarının bilgi paylaşımı kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$\tilde{F}_{I61}$ Tasarım Aralığı : (7,17,25)

A (8;0) B (52/6;1/6) C (188/14;9/14) D (16;0) E (13;0) F (17;1) G (21;0)

$$A(ABCD) = \left[\left(\left(\frac{52}{6} - 8 \right) * \frac{1}{6} + \left(\frac{1}{6} + \frac{9}{14} \right) * \left(\frac{188}{14} - \frac{52}{6} \right) + \left(16 - \frac{188}{14} \right) * \frac{9}{14} \right] * \frac{1}{2} = 2,81 \text{ br}^2$$

(D firması için ortak alan)

$$A\left(\overset{\Delta}{EFG}\right) = 8 * 1/2 = 4 \text{ br}^2. \text{ (İ ve F firmaları için sistem ve ortak alan)}$$

Sistem Alanı D firması için = 4 br².

$$p_{D61} = \frac{A(ABCD)}{\text{Sistem Alanı D}} = \frac{2,81}{4} = 0,7025$$

$$I_{D61} = \log_2 \left(\frac{1}{0,702} \right) = 0,510$$

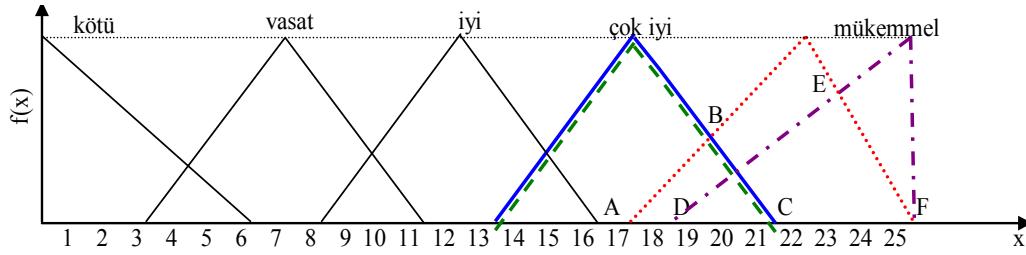
$$p_{I61} = p_{F61} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{EFG}\right)}{\text{Sistem Alanı İ ve F}} = \frac{4}{4} = 1$$

$$I_{I61} = I_{F61} = \log_2(1) = 0,00$$

İ ve F firmalarının sistem alanları tasarım alanı sınırları içerisinde olduğundan bilgi içeriği değerleri ideal değer olan “0”a eşittir. İ ve F firmaları “Bilgi Paylaşımı” kriteri açısından en iyi konumdadır.

Servis ana kriterinin (Fİ5) ikinci alt kriteri “Şikayetlerin ele alınması” (Fİ62) için tasarım aralığının (17,22,25) üçgensel bulanık sayısıyla ifade edildiği durumda, D, İ ve F firmaları için sistem, tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.20’de gösterilmiştir.

Fİ62 için D firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25)’dir. İ ve F firmalarının sistem alanları eşit olup “çok iyi” ile ifade edilir ve sistem alanını (13,17,21) üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri ile tanımlanır. DEF üçgeninin alanı D firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak alanı ifade etmektedir. ABC üçgeninin alanı ise, İ ve F firmaları için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanını ifade eder.



Şekil 4.20.D, İ ve F firmalarının şikayetlerin ele alınması kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₆₂ Tasarım Aralığı : (17,22,25)

A (17;0) B (173/9;4/9) C (21;0) D (18;0) E (229/10;7/10) F (25;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (21-17) * 1/2 * 4/9 = 8/9 \text{ br}^2 \text{ (İ ve F firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{DEF}\right) = (25-18) * 1/2 * 7/10 = 49/20 \text{ br}^2 \text{ (D firması için ortak alan)}$$

Sistem Alanı D firması için = 7/2 br²

Sistem Alanı İ ve F firmaları için = 4 br²

$$p_{D62} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{DEF}\right)}{\text{Sistem Alanı D}} = \frac{49/20}{7/2} = 7/40$$

$$I_{D62} = \log_2\left(\frac{40}{7}\right) = 2,515$$

$$p_{I62} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı } \overset{\Delta}{I}} = \frac{8/9}{4} = 2/9$$

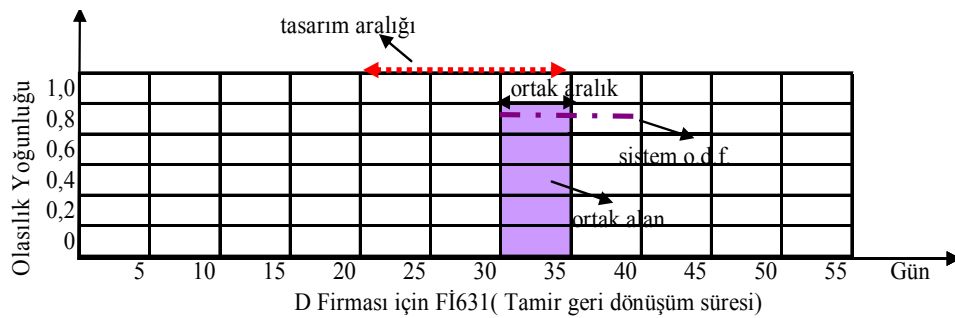
$$I_{I62} = \log_2 \left(\frac{9}{2} \right) = 2,17$$

$$p_{F62} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı } F} = \frac{8/9}{4} = 2/9$$

$$I_{F62} = \log_2 \left(\frac{9}{2} \right) = 2,17$$

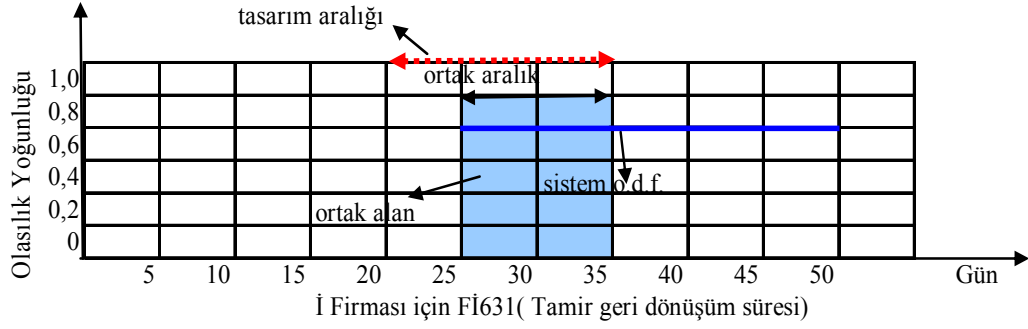
Firmalar için elde edilen bilgi içeriği değerleri incelendiğinde minimum bilgi içeriği değerini D firması sağlamıştır.

“Servis” ana kriterinin (Fİ6) Servis Destek alt kriterinin (Fİ63) alt birimi olan “Tamir geri dönüşüm süresi” kriteri (Fİ631) için tasarım aralığının 20 ile 35 gün arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda D, İ ve F firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.21.a, Şekil 4.21.b ve Şekil 4.21.c’de gösterilmiştir.



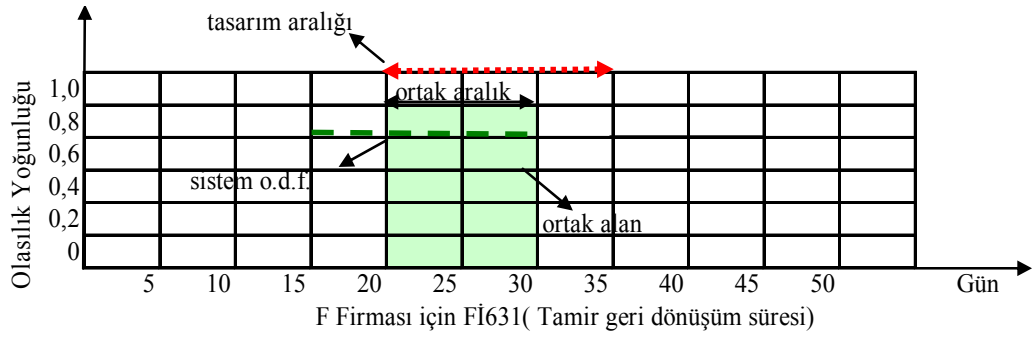
Şekil 4.21.a.D firmasının tamir geri dönüşüm süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{D631} = \log_2 \left(\frac{40 - 30}{35 - 30} \right) = 0,415$$



Şekil 4.21.b.İ firmasının tamir geri dönüşüm süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{İ631} = \log_2 \left(\frac{50 - 25}{35 - 25} \right) = 1,322$$

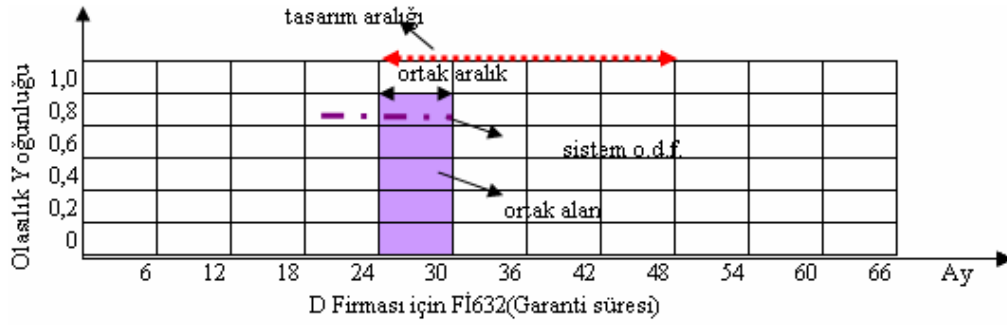


Şekil 4.21.c.F firmasının tamir geri dönüşüm süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{F631} = \log_2 \left(\frac{30 - 15}{30 - 20} \right) = 0,585$$

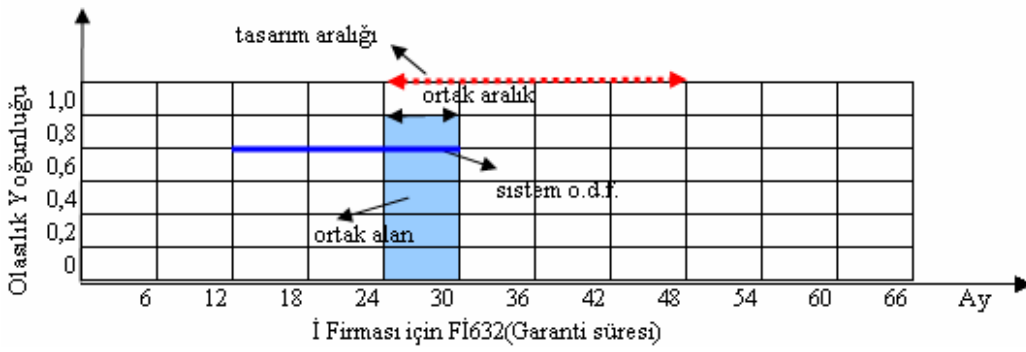
“Tamir geri dönüşüm süresi” kriteri (Fİ631) için elde edilen firma bilgi içerikleri incelendiğinde en küçük bilgi içeriği değeri D firmasına ait olduğu için, bu kriter için en iyi değeri F firması sağlamıştır.

“Servis” ana kriterinin (Fİ6) Servis Destek alt kriterinin (Fİ63) alt birimi olan “Garanti süresi” kriteri (Fİ632) için tasarım aralığının 24 ile 48 ay arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda D, İ ve F firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.22.a, Şekil 4.22.b ve Şekil 4.22.c’de gösterilmiştir.



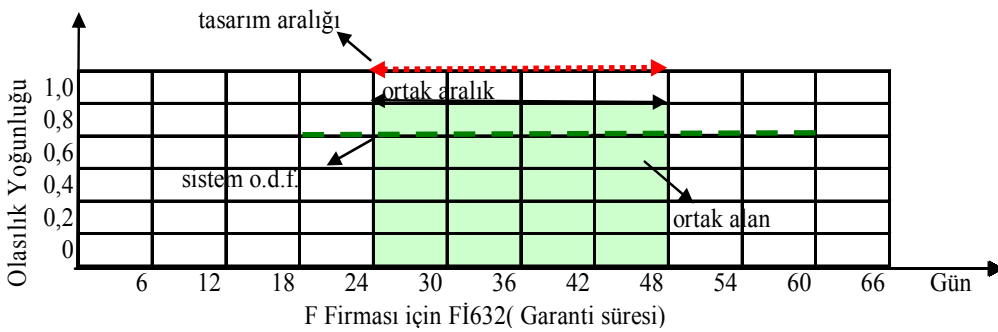
Şekil 4.22.a.D firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{D632} = \log_2 \left(\frac{30 - 20}{30 - 24} \right) = 0,737$$



Şekil 4.22.b.İ firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{I632} = \log_2 \left(\frac{30 - 12}{30 - 24} \right) = 1,585$$



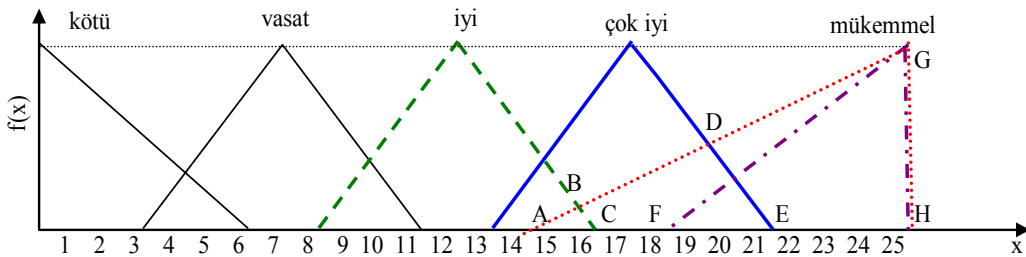
Şekil 4.22.c.F firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{F632} = \log_2 \left(\frac{60-18}{48-24} \right) = 0,807$$

“Garanti süresi” kriteri (Fİ632) için elde edilen firma bilgi içerikleri incelendiğinde en küçük bilgi içeriği değeri D firmasına ait olduğu için, bu kriter için en iyi değeri F firması sağlamıştır.

Geçmiş performans ana kriterinin (Fİ7) birinci alt kriteri “Tedarikçinin uzmanlığı” (Fİ71) için tasarım aralığının (14,25,25) üçgensel bulanık sayısı ile ifade edildiği durumda, D, İ ve F firmaları için sistem, tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.23’de gösterilmiştir.

Fİ71 için D firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25)’dir. İ firmasının sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilir ve (13,17,21) üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri ile tanımlanır. F firmasının sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken, aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16)’dır. FGH üçgeninin alanı, tasarım alanı sınırları içerisinde olduğu için D firması için sistem alanı ortak alana eşittir. ADE üçgeninin alanı, İ firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanı ifade eder. ABC üçgeninin alanı ise, F firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanı ifade eder.



Şekil 4.23. D, İ ve F firmalarının uzmanlık kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₇₁. Tasarım Aralığı : (14,25,25)

A (14;0) B (232/15;2/15) C (16;0) D (287/15;7/15) E (21;0) F (18;0) G (25;1) H (25;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{FGH}\right) = (25-18)*1/2*1 = 7/2 \text{ br}^2 \text{ (D firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right) = (21-14)*7/15*1/2 = 49/120 \text{ br}^2 \text{ (İ firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (16-14)*2/15*1/2 = 2/15 \text{ br}^2 \text{ (F firması için ortak alan)}$$

Sistem Alanı D firması için = 7/2 br²

Sistem Alanı İ ve F firmaları için = 4 br²

$$p_{D71} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{FGH}\right)}{\text{Sistem Alanı D}} = \frac{7/2}{7/2} = 1$$

$$I_{D71} = \log_2(1) = 0,00$$

$$p_{I71} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right)}{\text{Sistem Alanı İ}} = \frac{49/30}{4} = 49/120$$

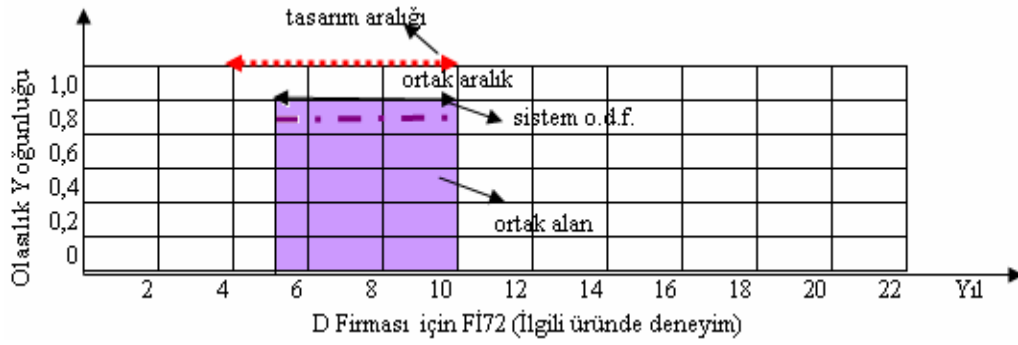
$$I_{I71} = \log_2\left(\frac{9}{2}\right) = 2,17$$

$$p_{F71} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı F}} = \frac{2/15}{4} = 1/30$$

$$I_{F71} = \log_2(30) = 4,907$$

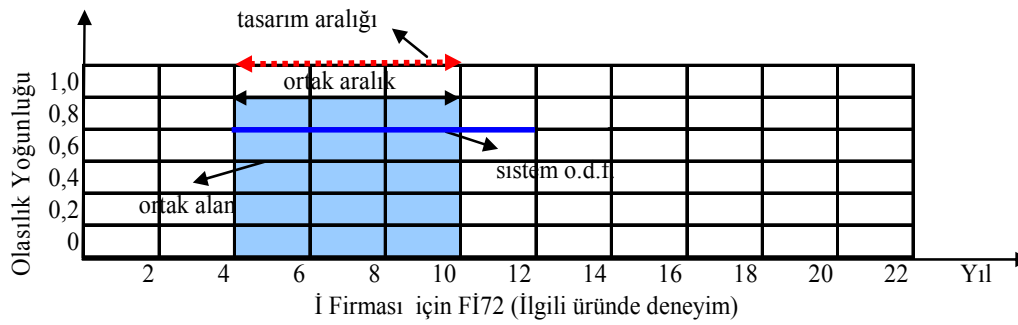
Elde edilen bilgi içeriği değerlerine bakıldığında sistem alanı ile ortak alanı eşit olan dolayısıyla bilgi içeriği değeri “0” olan D firması “Tedarikçinin uzmanlığı” kriteri için en iyi firmadır.

Geçmiş performans ana kriterinin (Fİ7) “İlgili üründe deneyim” alt kriteri (Fİ72)) için tasarım aralığının 4 ile 10 yıl arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda D, İ ve F firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.24.a, Şekil 4.24.b ve Şekil 4.24.c’de gösterilmiştir.



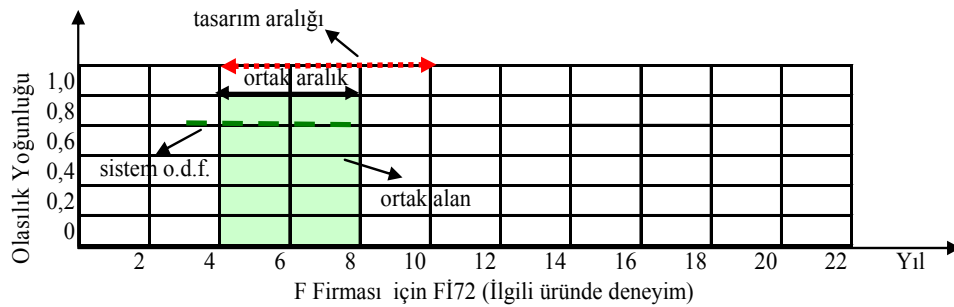
Şekil 4.24.a. D firmasının ilgili üründe deneyim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{D72} = \log_2 \left(\frac{10-5}{10-5} \right) = 0$$



Şekil 4.24.b. İ firmasının ilgili üründe deneyim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{I72} = \log_2 \left(\frac{12-5}{10-5} \right) = 0,415$$



Şekil 4.24.c. F firmasının ilgili üründe deneyim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{F72} = \log_2 \left(\frac{8-3}{8-4} \right) = 0,322$$

Her 3 firma için elde edilen sonuçlar incelendiğinde “İlgili üründe deneyim” kriteri için D firmasının sistem alanı ile ortak alanı eşit büyüklükte olduğu için minimum bilgi içeriğine sahiptir. Yani D firması, deneyim konusunda diğer firmalara göre daha iyi konumdadır.

4.1.2. D firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması

Bölüm 4.1.1.de Eş.3.3 ve Eş.3.10 kullanılarak D firması için daha fazla alt birime ayrıştırılamayan her Fİ için hesaplanan bilgi içerikleri Eş.3.9’dan yararlanılarak toplanır ve D firması için toplam bilgi içeriği değeri elde edilir. D firması için fonksiyonel ihtiyaçlar ve alt birimler için elde edilen bilgi içeriği değerleri hiyerarşik olarak Şekil 4.25 de gösterilmiştir.

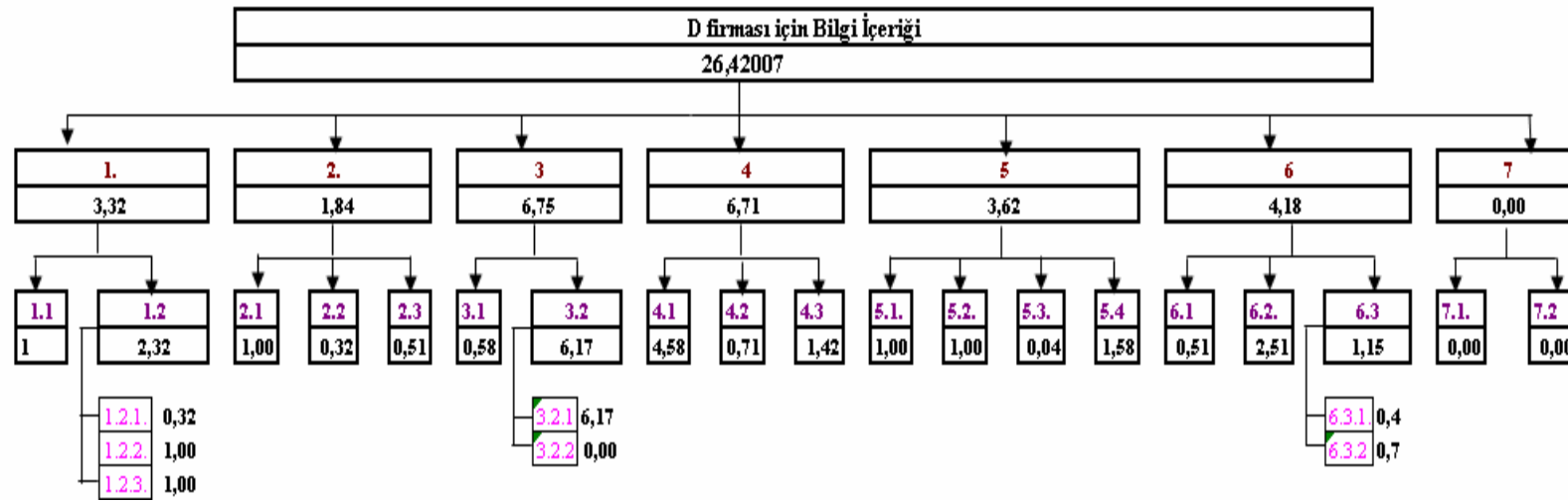
D firmasının Fİ1 (Maliyet) için bilgi içeriği Bölüm 4.1.1 de bulunan bilgi içeriği değerleri kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned}
 I_{D11} &= 1,00 \\
 I_{D121} &= 0,322 \\
 I_{D122} &= 1,00 \\
 I_{D123} &= 1,00
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} I_{D11} \\ I_{D121} \\ I_{D122} \\ I_{D123} \end{aligned}} \right\} \quad I_{D12} = I_{D121} + I_{D122} + I_{D123} = 2,322$$

$$I_{D1} = I_{D11} + I_{D12} = 1,00 + 2,322 = 3,322$$

Diğer alt fonksiyonel ihtiyaçlar için de aynı işlemler tekrarlanarak toplam bilgi içeriği aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned}
 I_{D0} &= I_{D1} + I_{D2} + I_{D3} + I_{D4} + I_{D5} + I_{D6} + I_{D7} \\
 I_{D0} &= 3,32 + 1,84 + 6,75 + 6,71 + 3,62 + 4,18 + 0,00 \\
 I_{D0} &= 26,42
 \end{aligned}$$



Şekil 4.25. D firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi

4.1.3. İ firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması

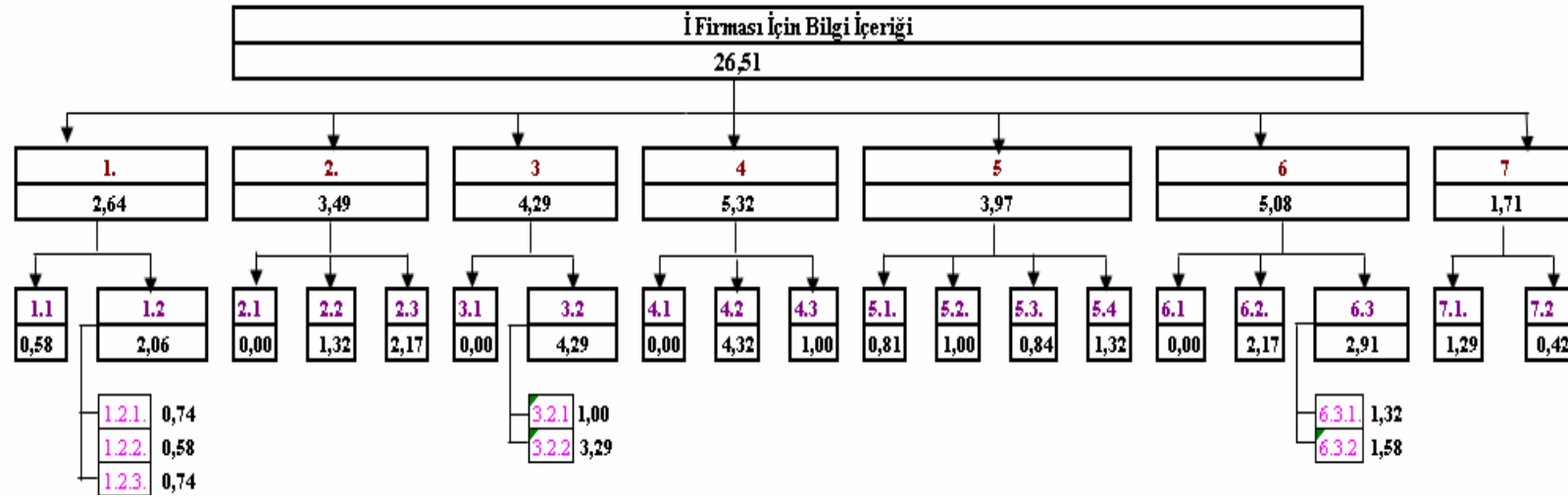
D firmasında olduğu gibi Bölüm 4.1.1’de İ firması için daha fazla alt birime ayrıştırılamayan her Fİ için hesaplanan bilgi içerikleri Eş.3.9’dan toplanarak İ firması için toplam bilgi içeriği değeri elde edilir. İ firması için fonksiyonel ihtiyaçlar ve alt birimleri için elde edilen bilgi içeriği değerleri hiyerarşik olarak Şekil 4.26 da gösterilmiştir.

İ firmasının Fİ3 (Teslim) için bilgi içeriği Bölüm 4.1.1 de bulunan bilgi içeriği değerleri kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned}
 I_{I31} &= 0,00 \\
 I_{I321} &= 1,00 \\
 I_{I322} &= 3,29 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} I_{I321} \\ I_{I322} \end{matrix}} \right\} I_{I32} = I_{I321} + I_{I322} = 4,29 \\
 I_{I3} &= I_{I31} + I_{I32} = 0,00 + 4,29 = 4,29
 \end{aligned}$$

Diğer alt fonksiyonel ihtiyaçlar için de aynı işlemler tekrarlanarak İ firmasının toplam bilgi içeriği aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\begin{aligned}
 I_{I0} &= I_{I1} + I_{I2} + I_{I3} + I_{I4} + I_{I5} + I_{I6} + I_{I7} \\
 I_{I0} &= 2,64 + 3,49 + 4,29 + 5,32 + 3,97 + 5,08 + 1,71 \\
 I_{I0} &= 26,51
 \end{aligned}$$



Şekil 4.26. İ firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi

4.1.4. F firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması

Bölüm 4.1.1’de F firması için daha fazla alt birime ayrıştırılamayan her Fİ için hesaplanan bilgi içerikleri Eş.3.9’a göre toplanır ve F firması için toplam bilgi içeriği değeri elde edilir. F firması için fonksiyonel ihtiyaçlar ve alt birimleri için elde edilen bilgi içeriği değerleri hiyerarşik olarak Şekil 4.27 de gösterilmiştir.

F firmasının Fİ6 (Servis) için bilgi içeriği Bölüm 4.1.1 de bulunan bilgi içeriği değerleri kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$I_{F61} = 0,00$$

$$I_{F62} = 2,17$$

$$I_{F631} = 0,58$$

$$I_{F632} = 0,81$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\}$$

$$I_{F63} = I_{F631} + I_{F632} = 1,39$$

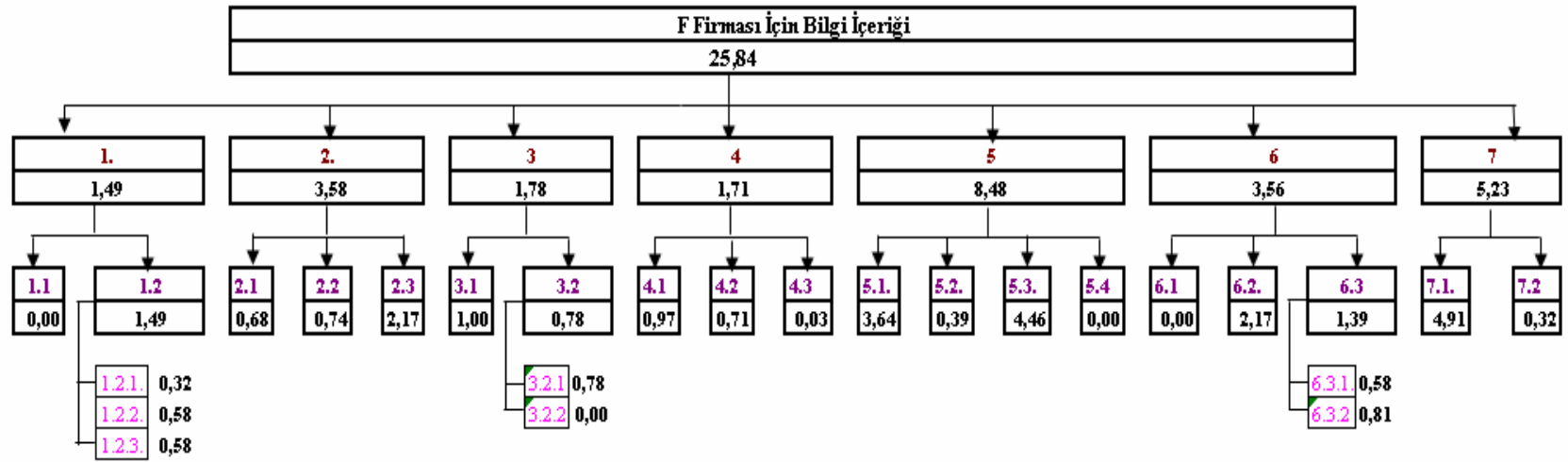
$$I_{F6} = I_{F61} + I_{F62} + I_{F63} = 0,00 + 2,17 + 1,39 = 3,56$$

Diğer alt fonksiyonel ihtiyaçlar için de aynı işlemler tekrarlanarak toplam bilgi içeriği aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$I_{F0} = I_{F1} + I_{F2} + I_{F3} + I_{F4} + I_{F5} + I_{F6} + I_{F7}$$

$$I_{F0} = 1,49 + 3,58 + 1,78 + 1,71 + 8,48 + 3,56 + 5,23$$

$$I_{F0} = 25,84$$



Şekil 4.27. F firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi

4.1.5. Tedarikçi firmanın seçimi

Bulanık Aksiyomatik Tasarım yöntemi kullanılarak maliyet, kalite, teslim, esneklik, teknik yeterlilik, servis ve geçmiş performans ana kriterleri ve bunların alt kriterleri göz önüne alınarak her üç firma için yapılan değerlendirmeler sonucunda minimum bilgi içeriği değerine sahip olan F firması en uygun tedarikçi olarak seçilmiştir.

4.2.Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile Tedarikçi Seçimi

Karar verme aşamasında kullanılan kriterlerin eşit öneme sahip olmayıp önem derecelerinin birbirinden farklı olduğu durumlarda Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım yaklaşımı kullanılabilir. Bu yaklaşımda yapılması gereken ilk iş kriterlerin ağırlık değerlerinin belirlenmesidir. Bu amaçla bu çalışmada Saaty (1983) tarafından önerilen 1-9 önem skalası kullanılmış ve düzenlenen ikili karşılaştırma matrisi Saaty tarafından önerilen AHP ile analiz edilerek kriterlere ilişkin ağırlık değerleri belirlenmiştir[12]. Her düzeydeki fonksiyonel ihtiyaçlar için ayrı ayrı düzenlenen ikili karşılaştırma matrisleri ve tutarlılık oranları EK-1’de verilmiştir. Firma yetkililerinden alınan veriler doğrultusunda fonksiyonel ihtiyaçlar için AHP ile elde edilen ağırlık değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Fonksiyonel ihtiyaçlar için AHP ile hesaplanan ağırlık değerleri

FONKSİYONEL İHTİYAÇLAR					AĞIRLIK	
1	MALİYET	1.1.Birim Maliyet			0,75	0,226
			1.2.1 Taşıma	0,65	0,25	
			1.2.2 Stok	0,23		
			1.2 Lojistik	1.2.3 Sigorta		
2	KALİTE	2.1.Standartlara Uygun Sipariş Oranı			0,40	0,284
		2.2.Hata Ürün Yüzdesi			0,40	
		2.3.Ürün Güvenilirliği			0,20	
3	TESLİM	3.1.Teslim Süresi			0,5	0,081
		3.2.Teslim Perf.	3.2.1.Zamanında Teslim	0,67	0,5	
			3.2.2.İst.Miktarda Tes.	0,33		
4	ESNEKLİK	4.1.Miktar Esnekliği			0,31	0,135
		4.2.Modf. Esnekliği			0,20	
		4.3.Zaman Esnekliği			0,49	
5	TEKNİK YETERLİLİK	5.1.Firm.Arş-Gelş.Yeteneği			0,10	0,143
		5.2.Teknik Yeterlik			0,47	
		5.3.Teknoloji Paylaşımı			0,27	
		5.4.Tedarikçi Kapasitesi			0,16	
6	SERVİS	6.1.Bilgi Paylaşımı			0,20	0,051
		6.2.Şikayetlerin Ele Alınması			0,31	
		6.3.Servis Destek	6.3.1.Tamir Süresi	0,33	0,49	
			6.3.2.Garanti Süresi	0,67		
7	GEÇMİŞ PERFORMANS	7.1. Tedarikçinin Uzmanlığı			0,67	0,081
		7.2. Tedarikçinin Deneyimi			0,33	

Çizelge 4.2’de gösterilen fonksiyonel ihtiyaçların ağırlık değerleri göz önünde bulundurularak her bir fonksiyonel ihtiyaç ve alt birimler için bilgi içerikleri hesaplanırken Eşitlik 3.11’den kriterlerin ağırlıklandırılmadığı durumda hesaplanmış bilgi içerikleri kullanılır. Buna göre eğer bir Fİ için hesaplanmış bilgi içeriği 0 ve 1 arasında ise bilgi içeriği değerinin, kriterin ağırlık değerinin çarpma işlemine göre ters kuvveti alınır. Bulunan değer ağırlıklandırılmış bilgi içeriği değeridir. Eğer bir Fİ için hesaplanmış bilgi içeriği değeri 1’den büyük bir değer ise, bilgi içeriği değerinin ağırlık değeri kadar kuvveti alınır. Hesaplanmış bilgi içeriği değeri 1’e eşitse ağırlık değeri bilgi içeriğine eşit alınır.

Çizelge 4.3. D firması için Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile elde edilen sonuçlar

D Firması Bilgi İçeriği	Fİ	W		W	p	I	I(ağırlıklı)		
	1	0,226	1.1	0,75	0,50	1,00	0,14000	0,1599	5,51
			1.2	0,25		2,32	0,01989		
			1.2.1	0,65	0,80	0,32	0,000000		
			1.2.2	0,23	0,50	1,00	0,01299		
			1.2.3	0,12	0,50	1,00	0,00690		
	2	0,284	2.1	0,40	0,50	1,00	0,11351	0,1136	
			2.2	0,40	0,80	0,32	0,00005		
			2.3	0,20	0,70	0,51	0,00001		
	3	0,081	3.1	0,50	0,67	0,58	0,00000	1,0504	
			3.2	0,50		6,17	1,05035		
			3.2.1	0,67	0,01	6,17	1,05035		
			3.2.2	0,33	1,00	0,00	0,00000		
	4	0,135	4.1	0,31	0,04	4,58	1,06623	2,0801	
			4.2	0,20	0,61	0,71	0,00000		
			4.3	0,49	0,38	1,42	1,01389		
	5	0,143	5.1	0,10	0,50	1,00	0,01458	1,0920	
			5.2	0,47	0,50	1,00	0,06660		
			5.3	0,27	0,97	0,04	0,00000		
			5.4	0,16	0,33	1,58	1,01079		
	6	0,051	6.1	0,20	0,70	0,51	0,00000	1,0147	
			6.2	0,31	0,18	2,51	1,01469		
			6.3	0,49		1,15	0,00000		
			6.3.1	0,33	0,75	0,42	0,000000		
			6.3.2	0,67	0,60	0,74	0,00000		
	7	0,081	7.1	0,67	1,00	0,00	0,00000	0,0000	
7.2			0,33	1,00	0,00	0,00000			

D firmasının maliyet ana kriteri için ağırlıklandırılmış bilgi içeriği aşağıda gösterildiği gibi hesaplanırken Çizelge 4.3'deki ağırlık değeri (W) ve bilgi içeriği (I) sütunlarındaki veriler kullanılmıştır ve elde edilen tüm sonuçlar yine Çizelgenin ağırlıklı bilgi içeriği (I_w) sütununda verilmiştir.

$$I_{D11} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{D11}} \right) = 1,00 \text{ ise } I_{Dw11} = w = 0,226 * 0,75 = 0,16948$$

$$I_{D121} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{D121}} \right) = 0,32 \text{ ise } I_{Dw121} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{D121}} \right)^{\frac{1}{w_{121}}} = 0,32^{\frac{1}{0,036}} = 18.10^{-14}$$

$$I_{D122} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{D122}} \right) = 1,00 \text{ ise } I_{Dw122} = w = 0,226 * 0,25 * 0,23 = 0,01299$$

$$I_{D123} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{D123}} \right) = 1,00 \text{ ise } I_{Dw123} = w = 0,226 * 0,25 * 0,12 = 0,00690$$

$$I_{Dw12} = I_{Dw121} + I_{Dw122} + I_{Dw123} = 0,01989$$

$$I_{Dw1} = 0,16948 + 0,01989 = 0,1894$$

D firması için bilgi içeriği 1'den büyük olan kriterlerden 4.1 kriteri için de ağırlıklı değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$I_{D41} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{D41}} \right) = 4,58 \text{ ise } I_{Dw41} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{D41}} \right)^{w_{41}} = 4,58^{0,42} = 1,06623$$

Son olarak kriterlerin eşit öneme sahip olduğu bulanık aksiyomatik tasarımda olduğu gibi tüm ana kriterler için elde edilen bilgi içeriği değerleri toplanır ve D firması için Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik tasarım yöntemi ile bilgi içeriği elde edilmiş olur.

$$I_{Dw} = I_{Dw1} + I_{Dw2} + I_{Dw3} + I_{Dw4} + I_{Dw5} + I_{Dw6} + I_{Dw7}$$

$$I_{Dw} = 0,1894 + 0,1136 + 1,0504 + 2,0801 + 1,0920 + 1,0147 + 0,00 = 5,54$$

İ ve F firmaları için de Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'deki verilerden yararlanılarak D firması için yapılan işlemlere benzer işlemler yapılarak bilgi içerikleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar ilgili çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. İ firması için Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile elde edilen sonuçlar

İ Firması Bilgi İçeriği	Fİ	W		W	p	I	I(ağırlıklı)		
	1	0,226	1.1	0,75	0,50	0,58	0,04226	0,04250	9,39
			1.2	0,25		2,06	0,00024		
			1.2.1	0,65	0,80	0,74	0,00024		
			1.2.2	0,23	0,50	0,58	0,00000		
			1.2.3	0,12	0,50	0,74	0,00000		
	2	0,284	2.1	0,40	0,50	0,00	0,00000	2,07713	
			2.2	0,40	0,80	1,32	1,03219		
			2.3	0,20	0,70	2,17	1,04495		
	3	0,081	3.1	0,50	0,67	0,00	0,00000	1,04320	
			3.2	0,50		4,29	1,04320		
			3.2.1	0,67	0,01	1,00	0,02700		
			3.2.2	0,33	1,00	3,29	1,01620		
	4	0,135	4.1	0,31	0,04	0,00	0,00000	1,10606	
			4.2	0,20	0,61	4,32	1,03983		
			4.3	0,49	0,38	1,00	0,06623		
	5	0,143	5.1	0,10	0,50	0,81	0,00000	1,08499	
			5.2	0,47	0,50	1,00	0,06660		
			5.3	0,27	0,97	0,84	0,01186		
5.4			0,16	0,33	1,32	1,00652			
6	0,051	6.1	0,20	0,70	0,00	0,00000	3,02231		
		6.2	0,31	0,18	2,17	1,01233			
		6.3	0,49		2,91	2,00998			
		6.3.1	0,33	0,75	1,32	1,00232			
		6.3.2	0,67	0,60	1,58	1,00767			
7	0,081	7.1	0,67	1,00	1,29	1,01394	1,01394		
		7.2	0,33	1,00	0,42	0,00000			

Çizelge 4.5. F firması için Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile elde edilen sonuçlar

F Firması Bilgi İçeriği	Fİ	W		W	p	I	I(ağırlıklı)		
	1	0,226	1.1	0,75	0,50	0,00	0,00000	0,00000	
			1.2	0,25		1,49	0,00000		
			1.2.1	0,65	0,80	0,322	0,00000		
			1.2.2	0,23	0,50	0,585	0,00000		
			1.2.3	0,12	0,50	0,585	0,00000		
	2	0,284	2.1	0,40	0,50	0,68	0,03262	1,14552	
			2.2	0,40	0,80	0,74	0,06795		
			2.3	0,20	0,70	2,17	1,04495		
	3	0,081	3.1	0,50	0,67	1,00	0,04049	0,04058	
			3.2	0,50		0,78	0,00009		
			3.2.1	0,67	0,01	0,78	0,00009		
			3.2.2	0,33	1,00	0,00	0,00000		
	4	0,135	4.1	0,31	0,04	0,97	0,48819	0,48819	5,85
			4.2	0,20	0,61	0,71	0,00000		
			4.3	0,49	0,38	0,03	0,00000		
	5	0,143	5.1	0,10	0,50	3,64	1,01901	2,07755	
			5.2	0,47	0,50	0,39	0,00000		
			5.3	0,27	0,97	4,46	1,05854		
			5.4	0,16	0,33	0,00	0,00000		
6	0,051	6.1	0,20	0,70	0,00	0,00000	1,01233		
		6.2	0,31	0,18	2,17	1,01233			
		6.3	0,49		1,39	0,00000			
		6.3.1	0,33	0,75	0,58	0,00000			
		6.3.2	0,67	0,60	0,81	0,00000			
7	0,081	7.1	0,67	1,00	4,91	1,08968	1,08968		
		7.2	0,33	1,00	0,32	0,00000			

D, İ ve F firmaları için kriterlerin önceliklendirildiği durum göz önüne alınarak kullanılan Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım yöntemi ile elde edilen ve Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de gösterilen sonuçlara göre D firması minimum bilgi içeriğine sahip olduğu için en iyi tedarikçi firma seçilir.

4.3. Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım Yaklaşımları İle Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Tedarikçi firmaların tümü için Bulanık Aksiyomatik Tasarım ve Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım yaklaşımları ile elde edilen bilgi içeriği değerleri Çizelge 4.6’da birlikte verilmiştir.

Buradan kriterlerin AHP ile hesaplanan ağırlık değerleri incelendiğinde üretici firma için önem derecesi en büyük olan kriterler sırasıyla kalite, maliyet ve teknik yeterlik kriterleridir. Kriterlerin önceliklendirilmediği durumda elde edilen bilgi içeriği değerlerine göre minimum bilgi içeriğine sahip firma F firmasıyken, kriterlerin önceliklendirildiği durumda minimum bilgi içeriğine sahip firma D firmasıdır. İ firması her iki durumda en büyük bilgi içeriği değerine sahiptir. Firmaların önceliği büyük olan fonksiyonel ihtiyaçlar (kriter) için bilgi içeriği değerleri ne kadar küçük ise, kriterlerin önceliklendirildiği durumda hesaplanan bilgi içeriği değerleri de o kadar küçülmektedir. Buradan kriterlerin ağırlıklandırılmasının en iyi tedarikçi seçimi ve sıralamasında önemli değişiklikler meydana getirdiği görülmektedir. Bu sonuçtan hareketle, kriter ağırlıklarının dikkate alınmasının sonuç üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.6. Bulanık aksiyomatik tasarım ve ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması

87

FONKSİYONEL İHTİYAÇLAR				AĞIRLIK	D				I				F			
					IDij	IDI	IDwij	IDwi	IIij	Ili	IIwij	IIwi	IFIj	IFI	IFwij	IFwi
1	MALİYET	1.1.Birim Maliyet	0,70	0,20	1,00	3,32	0,14	0,16	0,58	2,64	0,0217084	0,02	0,00	1,49	0	0,00
		1.2. Lojistik	0,30		2,32		0,024		2,06		0,000208		2,151E-14			
		1.2.1 Taşıma	0,60		0,32		1,795E-14		0,74		0,000208		2,121E-14			
		1.2.2 Stok	0,25		1,00		0,015		0,58		2,987E-16		2,987E-16			
		1.2.3 Sigorta	0,15		1,00		0,009		0,74		1,87E-15		1,335E-26			
2	KALİTE	2.1.Stndart. Uyg. Sip Oranı	0,40	0,25	1,00	1,84	0,1	0,10	0,00	3,49	0	2,07	0,68	3,58	0,0205474	1,11
		2.2.Hata Ürün Yüzdesi	0,40		0,32		1,196E-05		1,32		1,0283022		0,74		0,0472577	
		2.3.Ürün Güvenilirliği	0,20		0,51		1,694E-06		2,17		1,0394946		2,17		1,0394946	
3	TESLİM	3.1.Teslim Süresi	0,50	0,10	0,58	6,75	1,856E-05	1,03	0,00	4,29	0	1,03	1,00	1,78	0,05	0,05
		3.2.Teslim Performansı	0,50		6,17		1,0276714		4,29		1,0269786		0,78		5,216E-08	
		3.2.1.Zamanında Teslim	0,60		6,17		1,0276714		1,00		0,015		0,78		5,216E-08	
		3.2.2.İst. Mik. Teslim	0,40		0,00		0		3,29		1,0119786		0,00		0	
4	ESNEKLİK	4.1.Miktar Esnekliği	0,30	0,14	4,58	6,71	1,0660464	2,08	0,00	5,32	0	1,12	0,97	1,71	0,4872303	0,49
		4.2.Modf. Esnekliği	0,30		0,71		0,0002618		4,32		1,0634044		0,71		0,0002618	
		4.3.Zaman Esnekliği	0,40		1,42		1,0139831		1,00		0,056		0,03		7,975E-28	
5	TEKNİK YETERLİLİK	5.1.Firm.Arş-Gelş. Yeteneği	0,15	0,15	1,00	3,62	0,0225	1,10	0,81	3,97	7,405E-05	1,08	3,64	8,48	1,0294799	2,09
		5.2.Teknik Yeterlik	0,40		1,00		0,06		1,00		0,06		0,39		1,249E-07	
		5.3.Teknoloji Paylaşımı	0,25		0,04		1,68E-38		0,84		0,0111096		4,46		1,0576646	
		5.4.Tedarikçi Kapasitesi	0,20		1,58		1,0139127		1,32		1,0084079		0,00		0	
6	SERVİS	6.1.Bilgi Paylaşımı	0,20	0,07	0,51	4,18	1,237E-21	1,02	0,00	5,08	0	3,02	0,00	3,56	0	1,02
		6.2.Şikayetlerin Ele Alınması	0,30		2,51		1,0195529		2,17		1,0164016		2,17		1,0164016	
		6.3.Servis Destek	0,50		1,15		2,376E-13		2,91		2,0068031		1,39		1,409E-09	
		6.3.1.Tamir Süresi	0,40		0,42		2,761E-55		1,32		1,0019555		0,58		5,402E-34	
		6.3.2.Garanti Süresi	0,60		0,74		2,376E-13		1,58		1,0048476		0,81		1,409E-09	
7	GEÇMİŞ PERF.	7.1. Tedarikçinin Uzmanlığı	0,65	0,09	0,00	0,00	0	0,00	1,29	1,71	1,0139381	1,01	4,91	5,23	1,0896915	1,09
		7.2. Tedarikçinin Deneyimi	0,35		0,00		0		0,42		2,462E-11		0,32		2,121E-14	
TOPLAM BİLGİ İÇERİĞİ					26,42		5,49		26,51		9,35		25,84		5,84	
SIRALAMA					2		1		3		3		1		2	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tedarik zinciri, hammaddelerin siparişi ve elde edilmesinden, mamullerin üretilmesine ve müşteriye dağıtım ve ulaştırılmasına kadar olan kurumsal fonksiyonlarına uzanan bir faaliyetler dizisi olarak tanımlanmaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi ise, zincir içinde yer alan temel iş süreçlerinin entegrasyonunu sağlayarak müşteri memnuniyetini artıracak stratejilerin ve iş modellerinin oluşturulmasıdır. Etkin bir tedarik zinciri yönetimi, işletmenin üretim ve pazarlamaya ilişkin faaliyetlerini olumlu yönde etkileyerek, daha fazla müşteri memnuniyeti; daha etkin ve verimli bir işletme olmasını sağlar, daha düşük maliyetler ve daha yüksek kar ile birlikte istikrarlı büyümenin yolunu açar.

Tedarik zinciri yönetiminde, zincirin ilk halkasını oluşturan ve ortaklığa kadar gidebilen sürekli ilişkilerin kurulacağı üretim girdilerini sağlayan tedarikçilerin seçimi, rekabetle başa çıkabilmek ve ayakta kalabilmek için işletmelerin başarısında büyük rol oynayan kararlar arasında yer almaktadır. İşletmelerin istekleri doğrultusunda en uygun tedarikçilerin belirlenmesinin amaçlandığı tedarikçi seçim problemi, birbiriyle çelişen, sayısal ve sayısal olmayan birden fazla kriteri bünyesinde barındıran çok kriterli karar verme problemidir.

Bu çalışmada; tedarikçi seçim probleminde sayısal ve sayısal olmayan kriterlerin birlikte değerlendirilebilmesini sağlayan Bulanık Aksiyomatik Tasarımın Bilgi aksiyomu yaklaşımı kullanılmıştır. AT yaklaşımı her kriterin tasarımcı tarafından belirlenen tasarım aralığını hesaba katar. Bu yüzden, diğer bir çok yöntemde kriteri en iyi düzeyde sağlayan alternatif seçilirken, AT yaklaşımında tasarım aralıklarını sağlayan alternatifler seçilmektedir. Örneğin, tasarımcı başka bir kriterden fedakarlık edilecek olmasından dolayı bir kriterin en iyi düzeyde karşılanmasını değil de, kendisinin belirlediği bir tasarım aralığında karşılanmasını isteyebilir. Bu özellik, AHP, bulanık AHP ve kullanılan diğer puanlama yöntemlerinde mümkün değildir. Ayrıca AT yaklaşımı, herhangi bir kriterin tasarım aralığını sağlamayan bir alternatifin reddedilmesi noktasında da diğer yöntemlerden ayrılır.

Manisa’da faaliyet gösteren bir beyaz eşya üreticisinin kritik bir parçası için oluşturulmuş hiyerarşik tedarikçi seçim yapısına Bulanık AT yaklaşımının uygulanmasıyla alternatif üç tedarikçi firma değerlendirilmiştir. Üretici firmadan bu konuyla ilgili yetkililer ile birlikte çalışılarak tedarikçi seçimini etkileyen 7 ana kriter belirlenmiş ve bunlar detaylandırılarak alt birimlerine ayrıştırılmıştır.

Aksiyomatik tasarımda bilgi aksiyomunu kullanarak verilen tasarım alternatifleri arasında seçim yaparken tasarımın gereklerini karakterize eden ölçütler yani fonksiyonel ihtiyaçlar (FI), tedarikçi seçim modelinde seçimi etkileyen kriterlerdir. Bulanık Bilgi aksiyomu ile tedarikçi seçiminde sayısal olarak ifade edilemeyen kriterler için sistem ve tasarım aralıkları belirlenirken dilsel değişkenler kullanılmıştır ve bu değişkenleri sayısal forma dönüştürürken de üçgensel bulanık sayılardan yararlanılmıştır.

Hiyerarşik tedarikçi seçim modelinde, her alternatif tedarikçi firmaya ait bilgi içeriği, daha fazla alt birime ayrıştırılamayan her fonksiyonel ihtiyaç (kriter) için belirlenen tasarım ve sistem aralıkları arasındaki ortak alana bakılarak elde edilen bilgi içerikleri toplanmıştır. Sonuç olarak toplam değerin elde edilmesiyle tedarikçi firmaya ait bilgi içeriği hesaplanmıştır. Her üç tedarikçi firma için fonksiyonel ihtiyaçların (kriterler) önem derecelerinin eşit olduğu durumda elde edilen bilgi içerikleri karşılaştırıldığında minimum bilgi içeriğine sahip olduğu için en uygun tedarikçinin F firması olduğuna karar verilmiştir.

Gerçek hayatta üretici firmalar için tedarikçi seçimini etkileyen kriterlerin önem dereceleri eşit değildir. Daha gerçekçi ve uygulanabilir bir tedarikçi seçiminin gerçekleştirilebilmesi için kriterlerin ağırlıkları firmanın görüşleri dikkate alınarak AHP ile hesaplanmıştır. Kriterlerin ağırlık değerleri incelendiğinde üretici firma için önem derecesi en büyük olan kriterler sırasıyla kalite, maliyet ve teknik yeterlik kriterleridir. Kriterler ağırlıklandırıldığında en uygun tedarikçiyi tespit etmek için Ağırlıklı Bulanık Bilgi Aksiyomu yaklaşımı kullanılmıştır. Ağırlıklar kullanılarak yapılan hesaplamalarla elde edilen sonuçlara göre, minimum bilgi içeriğine sahip olduğu için D firmasının en uygun tedarikçi firma olmasına karar verilmiştir.

Kriterlerin önceliklendirilmediği durumda elde edilen bilgi içeriği değerlerine göre minimum bilgi içeriğine sahip firma F firmasıyken, kriterlerin önceliklendirildiği durumda minimum bilgi içeriğine sahip tedarikçi D firmasıdır. Firmaların önceliği büyük olan fonksiyonel ihtiyaçlar (kriter) için bilgi içeriği değerleri ne kadar küçük ise, kriterlerin önceliklendirildiği durumda hesaplanan bilgi içeriği değerleri de o kadar küçülmektedir. Bu sonuçtan hareketle, kriter ağırlıklarının dikkate alınmasının sonuç üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Bu tez kapsamında; tedarik zincirinde hem fiyat, hem kalite hem de tedarikçilerle uzun vadeli ilişkilerin geliştirilmesi açısından stratejik öneme sahip zincirin ilk halkasını oluşturan tedarikçilerin seçim problemi ele alınmıştır. Bulanık Aksiyomatik Tasarım yaklaşımı ile karar verici açısından önemli kriterler temelinde tasarlanan hiyerarşik model, işletme için aynı kritik parçayı temin eden tedarikçileri, karşılaştırma imkânı vermiş ve sonuçta ilgili kriterlere göre tedarikçiler önceliklerine göre sıralanmıştır. Ayrıca, karar verici açısından bu kriterlerin önceliklerinin birbirinden farklı olduğu durum incelenmiş ve elde edilen sonuçların kriterlerin ağırlıklarının eşit alındığı durumdan daha farklı olduğu görülmüştür. Buradan kriterlerin ağırlıklandırılmasının sonuçlar üzerinde etkili olması nedeniyle dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Geliştirilen bu hiyerarşik tedarikçi seçim modelinde kullanılan hem nitel hem de nicel kriterlerin birlikte ele alınabilmesini sağlayan Bulanık Bilgi Aksiyomu yaklaşımını gerçek hayatta karşımıza çıkan daha büyük boyutlu seçim problemlerine uygulamamız mümkündür. Ancak kullanılan yaklaşımda hesaplamaların manuel yapılması sonuçlara ulaşma süresini uzattığı gibi hata yapma riskini ve hatadan dönme süresini de artıracaktır. Hesaplamaların bilgisayar ortamında yapılmasına imkan veren bir program kullanıldığında, daha büyük boyutlu problemler de etkin bir şekilde değerlendirilebilecektir.

KAYNAKLAR

1. Thomas, D.J. ,Griffin, P.M., “Coordinated Supply Chain Management,” *European Journal of Operations Research*, 94:1-15 (1996).
2. Boer, L., Labro, E., Morlacchi, P., “A review of Methods Supporting Supplier Selection”, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7: 75-89 (2001).
3. Aissaoui, N., Haouari, M., Hassini, E., “Supplier Selection and Order Lot Sizing Modeling: A Review”, *Computers&Operations Research*, 34: 3516-3540 (2007).
4. Wilson, E., “The relative importance of supplier selection criteria: a review and update”, *International Journal of Purchasing and Material Management*, 30(3): 35–41 (1994).
5. Verma, R., Pullman, M., “An analysis of the supplier selection process”, *International Journal of Management Science*, 26(6): 739–750 (1998).
6. Gürpınar, D., “Tedarikçi Seçiminde Analitik Şebeke Prosesi: Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 5-30 (2005).
7. Weber,C.H., Current, J.R., Desai, A., “Non-Cooperative Negotiation Strategies for Vendor Selection”, *European Journal of Operations Research*,108: 208-223 (1998).
8. Talluri, S., “A Buyer-Seller Game Model for Selection and Negotiation of Purchasing Bids”, *European Journal of Operations Research*, 143: 171-180 (2002).
9. Talluri S, Narasimhan R., “Vendor evaluation with performance variability: a max–min approach”, *European Journal of Operational Research*, 146: 543–52 (2003).
10. Talluri, S., Narasimhan, R., Nair, A., “Vendor performance with supply risk: A chance-constrained DEA approach”, *International Journal of Production Economics*, 100: 212–222 (2006).
11. Dulmin, R., Mininno, V., “Supplier selection using a multi-criteria decision aid method”, *Journal of Purchasing & Supply Management*, 9: 177–187 (2003).
12. Saaty TL, “The analytic hierarchy process”, *McGraw- Hill*, NewYork, 25-50 (1983).

13. Barbarosoglu, G., Yazgac, T., An application of the AHP to the supplier selection problem, *Production and Inventory Management Journal*, 38(1): 14–21 (1997).
14. Chan, F.T.S., “Interactive selection model for supplier selection process: an analytical hierarchy process approach” *International Journal of Production Research*, 41: 3549–3579 (2003).
15. Kahraman, C., Cebeci, U., Ulukan, Z., “Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP”, *Logistic Information Management*, 16(6): 382–394 (2003).
16. Akman, G., Alkan, A., “Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Uygulama”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9: 23-46 (2006).
17. Chan, F.T.S., Kumar, N., “Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP-based approach”, *Omega*, 35: 417-431 (2007).
18. Liu, F-H.F., Hai, H-L., “The voting analytic hierarchy process method for selecting supplier”, *International Journal of Production Economics*, 97: 308–317 (2005).
19. Sarkis, J., Talluri, S., “A model for strategic supplier selection”, *Proceedings of the 9th international IPSERA Conference Richard Ivey Business School*, London, Ontario, 652–661 (2000).
20. Dağdeviren, M., Dönmez, N., Kurt, M., “Bir İşletmede Tedarikçi Değerlendirme Süreci İçin Yeni Bir Model Tasarımı ve Uygulaması”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(2): 247-255 (2006).
21. Gencer, C., Gürpınar D., “Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm”, *Applied Mathematical Modelling*, 31(11): 2475-2486 (2007).
22. Demirtas, E.A., Üstün, Ö., “An integrated multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation”, *Omega*, 36(1): 76-90 (2008).
23. Demirtas, E.A., Üstün, Ö., “Analytic network process and multi-period goal programming integration in purchasing decisions”, *Computers & Industrial Engineering*, 54(3): 355-360 (2008).
24. Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E., Giacchetta, G., “A fuzzy-QFD approach to supplier selection”, *Journal of Purchasing & Supply Management*, 12: 14–27 (2006).

25. Chen, C-T., Lin, C-T., Huang, S-F, “A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management”, *International Journal of Production Economics*, 102: 289–301 (2006).
26. Taşkın H., Bayrak M. Y., Çelebi, N., “Bulanık mantık yaklaşımıyla tedarikçi seçim metodu”, *YA/EM'2004 - Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği - XXIV Ulusal Kongresi*, Gaziantep-Adana, 385-388 (2004).
27. Wang, H.S., Che, Z.H., “An integrated model for supplier selection decisions in configuration changes”, *Expert Systems with Applications*, 32(4): 1132-1140 (2007).
28. Degraeve, Z., Roodhooft, F., “A mathematical programming approach for procurement using activity based costing”, *Journal of Business Finance and Accounting*, 27(1-2): 69-98 (2000).
29. Amid,A., Ghodsypour, S.H., O'Brien,C.,“Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain”, *International Journal of Production Economics*, 104: 394–407 (2006).
30. Kumar, M., Vrat, P., Shankar, R., “A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain”, *Computers & Industrial Engineering*, 46(1): 69-85 (2004).
31. Ghodsypour, S.H., O'Brien, C., “The total cost of logistic in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint”, *International Journal of Production Economics*, 73: 15–27 (2001).
32. Karpak, B., Kumcu, E., Kasuganti, R., “An application of visual interactive goal programming: a case in vendor selection decisions”, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 8: 93–105 (1999).
33. Karpak, B., Kumcu, E., Kasuganti, R., “Purchasing materials in the supply chain: managing a multi-objective task”, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7: 209–216, (2001).
34. Kumar, M., Vrat, P., Shankar, R., “A fuzzy programming approach for vendor selection problem in a supply chain”, *International Journal of Production Economics*,101: 273–285 (2006).
35. Araz, C., Özfirat, P.M., Özkarahan, İ., “An integrated multicriteria decision-making methodology for outsourcing management”, *Computers & Operations Research*, 34(12): 3738-3756 (2007).
36. Hong G.H, Park S.C., Jang D.S., Rho H.M., “An effective supplier selection method for constructing a competitive supply-relationship”, *Expert Systems with Applications*, 28: 629–639, (2005).

37. Ghodsypour, S.H., O'Brien, C., "Decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming", *International Journal of Production Economics*, 56–57: 199–212 (1998).
38. Dağdeviren, M., Eren T., "Tedarikçi firma seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin kullanılması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(2): 41-52 (2001).
39. Çebi, F. ve Bayraktar, D., "An integrated approach for supplier selection", *Logistic Information Management*, 16: 395-400 (2003).
40. Wang, G., Huang, S.H., Dismukes, J.P., "Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology", *International Journal of Production Economics*, 91: 1–15 (2004).
41. Xia, W., Wu, Z., "Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments", *Omega*, 35(5): 494-504 (2007).
42. Soner S., Önüt, S., "Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi: Bir Electre-Ahp Uygulaması", *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 4: 110-120 (2006).
43. Saen, R., F., "A new mathematical approach for suppliers selection: Accounting for non-homogeneity is important", *Applied Mathematics and Computation*, 185(1): 84-95 (2007).
44. Liao, Z., Rittscher, J., "A multi-objective supplier selection model under stochastic demand conditions" *International Journal of Production Economics*, 105: 150–159 (2007).
45. Öz, E., ve Baykoç, Ö. F., "Tedarikçi Seçimi Problemine Karar Teorisi Destekli Uzman Sistem Yaklaşımı", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 19(3): 275-286 (2004).
46. Hou, J, Su, D., "Integration of Web Services technology with business models within the total product design process for supplier selection", *Computers in Industry*, 57: 797–808 (2006).
47. Choi, J.H, Chang, Y.S, "A two-phased semantic optimization modeling approach on supplier selection in eProcurement", *Expert Systems with Applications*, 31: 137-144 (2006).
48. Suh, N.P., "Axiomatic Design—Advances and Applications", *Oxford University Press*, New York, 39-51 (2001).
49. Suh, N.P., "The Principles of Design", *Oxford University Press*, New York, 67-90 (1990).

50. Suh, N.P., "Axiomatic Design Theory for Systems", *Research in Engineering Design*, 10: 189–209 (1998).
51. Kulak, O., Kahraman, C., "Fuzzy multi-attribute selection among transportation companies using axiomatic design and analytic hierarchy process", *Information Sciences*, 170: 191–210 (2005).
52. Gunasekera, J. S., Ali, A. F. "A three-step approach to designing a metal-forming process", *Journal of Management*, 22–25 (1995).
53. Suh, N. P., "Design of systems", *Annals of the CIRP*, 46(1): 75–80 (1997).
54. Suh, N. P., Cochran, D. S., & Paulo, C. L., "Manufacturing system design", *Annals of the CIRP*, 47(2): 627–639 (1998).
55. Babic, B., "Axiomatic design of flexible manufacturing systems", *International Journal of Production Research*, 37(5): 1159–1173 (1999).
56. Cochran, D. S., Eversheim, W., Kubin, G., & Sesterhenn, M. L. "The application of AD and lean management principles in the scope of production system segmentation", *International Journal of Production Research*, 38(6): 1159–1173 (2000).
57. Cochran, D. S., Kim, Y. S., Kim, J., "The alignment of performance measurement with the manufacturing system design", *Proceedings of ICAD2000, first international conference on axiomatic design*, Cambridge, 115–122 (2000).
58. Chen, S. J., Chen, L. C., & Lin, L., "Knowledge-based support for simulation analysis of manufacturing cells", *Computers in Industry*, 44:33–44:49 (2000).
59. Houshmand, M., Jamshidnezhad, B., "Conceptual design of lean production systems through an axiomatic design", *Proceedings of ICAD2002, second international conference on axiomatic design*, Cambridge, 78–86 (2002).
60. Kulak, O., Durmuşoğlu M.B., Tüfekçi, S., "A complete cellular manufacturing system design methodology based on axiomatic design principles", *Computers and Industrial Engineering*, 48: 765–787 (2005).
61. Houshmand, M., Jamshidnezhad B., "An extended model of design process of lean production systems by means of process variables" *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 22: 1–16 (2006).
62. Durmuşoğlu M.B., Kulak, O., "A methodology for the design of office cells using axiomatic design principles", *Omega*, 36(4): 633–652 (2008).

63. S.J. Kim, N.P. Suh, S. Kim, "Design of software systems based on AD", *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, 8(4): 243–255 (1991).
64. N.P. Suh, "Designing-in of quality through axiomatic design", *IEEE Transactions on Reliability*, 44(2): 256–264 (1995).
65. Tseng, M. M., & Jiao, J. "A module identification approach to the electrical design of electronic products by clustering analysis of the design matrix", *Computers and Industrial Engineering*, 33(1): 229–233 (1997).
66. Jang, B.S., Yang, Y.S., Song, Y.S., Yeun, Y.S., Heedo, S., "Axiomatic design approach for marine design problems", *Marine Structures*, 15: 35–56 (2002).
67. Helander, M.G., Lin, L., "Axiomatic design in ergonomics and an extension of the information axiom", *Journal of Engineering Design*, 13(4): 321–339 (2002).
68. Yia, J.W., Park, G.J., "Development of a design system for EPS cushioning package of a monitor using axiomatic design", *Advances in Engineering Software*, 36: 273–284 (2005).
69. Schnetzler, M., J., Sennheiser, A., Schönsleben, P.S., "A decomposition-based approach for the development of a supply chain strategy", *International Journal of Production Economics*, 105(1): 21–42 (2007).
70. Kulak O., Kahraman, C., "Multi-attribute comparison of advanced manufacturing systems using fuzzy vs. crisp axiomatic design approach", *International Journal of Production Research*, 95: 415–424 (2005).
71. Kulak O., Durmuşoglu, M.B., Kahraman, C., "Fuzzy multi-attribute equipment selection based on information axiom", *Journal of Materials Processing Technology*, 169: 337–345 (2005).
72. Kulak, O., "A decision support system for fuzzy multi-attribute selection of material handling equipments", *Expert Systems with Applications*, 29: 310–319 (2005).
73. Murat. Y., Ş., Kulak, O., "Ulaşım ağlarında bilgi aksiyomu kullanılarak güzergah (rota) seçimi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(3): 425–435 (2005).
74. Coelho, A.M.G ve Mourao, A.J.F., "Axiomatic design as support for decision-making in a design for manufacturing context: A case study", *International Journal of Production Economics*, 109(1-2): 81–89 (2007).

EKLER

EK-1 Kriter ağırlıklarının AHP ile hesaplanması için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri

Çizelge 1.1. Ana kriterler için ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlık değerleri

	Fİ1	Fİ2	Fİ3	Fİ4	Fİ5	Fİ6	Fİ7	Ağırlık	Tutarlılık oranı
Fİ1	1	1/2	3	2	2	4	3	0.226	0.018 < 0.1 Tutarlı
Fİ2	2	1	3	2	2	5	3	0.284	
Fİ3	1/3	1/3	1	1/2	1/2	2	1	0.081	
Fİ4	1/2	1/2	2	1	1	2	2	0.135	
Fİ5	1/2	1/2	2	1	1	3	2	0.143	
Fİ6	1/4	1/5	1/2	1/2	1/3	1	1/2	0.051	
Fİ7	1/3	1/3	1	1/2	1/2	2	1	0.081	
Toplam	4.92	3.37	12.50	7.50	7.33	19.00	12.50		

Çizelge 1.2. Maliyet (Fİ1) ana kriterinin alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlık değerleri

	Fİ11	Fİ12	Ağırlık	Tutarlılık oranı
Fİ11	1	3	0.75	0 < 0.1 Tutarlı
Fİ12	1/3	1	0.25	
Toplam	1.33	4		

Çizelge 1.3. Toplam lojistik maliyeti (Fİ12) alt kriterinin alt birimleri için ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlık değerleri

	Fİ121	Fİ122	Fİ123	Ağırlık	Tutarlılık oranı
Fİ121	1	3	5	0.65	0.003187 < 0.1 Tutarlı
Fİ122	1/3	1	2	0.23	
Fİ123	1/5	1/2	1	0.12	
Toplam	1.53	4.50	8.00		

Çizelge 1.4. Kalite (Fİ2) kriterinin alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlık değerleri

	Fİ21	Fİ22	Fİ23	Ağırlık	Tutarlılık oranı
Fİ21	1	1	2	0.4	0 < 0.1 Tutarlı
Fİ22	1	1	2	0.4	
Fİ23	1/2	1/2	1	0.2	
Toplam	2.50	2.50	5.00		

EK-1 (Devam) Kriter ağırlıklarının AHP ile hesaplanması için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri

Çizelge 1.5. Teslim performansı (Fİ32) alt kriterinin alt birimleri için ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlık değerleri

	Fİ321	Fİ322	Ağırlık	Tutarlılık oranı
Fİ321	1	2	0.67	0 < 0.1 Tutarlı
Fİ322	1/2	1	0.33	
Toplam	1,5	3		

Çizelge 1.6. Esneklik (Fİ4) kriterinin alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlık değerleri

	Fİ41	Fİ42	Fİ43	Ağırlık	Tutarlılık oranı
Fİ41	1	2	1/2	0.31	0.046 < 0.1 Tutarlı
Fİ42	1/2	1	1/2	0.20	
Fİ43	2	2	1	0.49	
Toplam	3.50	5.00	2.00		

Çizelge 1.7. Teknik Yeterlilik (Fİ5) kriterinin alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlık değerleri

	Fİ51	Fİ52	Fİ53	Fİ54	Ağırlık	Tutarlılık oranı
Fİ51	1	1/4	1/3	1/2	0.10	0.016 < 0.1 Tutarlı
Fİ52	4	1	2	3	0.47	
Fİ53	3	1/2	1	2	0.27	
Fİ54	2	1/3	1/2	1	0.16	
Toplam	10.00	2.08	3.83	6.50		

Çizelge 1.8. Servis (Fİ6) kriterinin alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlık değerleri

	Fİ61	Fİ62	Fİ63	Ağırlık	Tutarlılık oranı
Fİ61	1	1/2	1/2	0.20	0.046 < 0.1 Tutarlı
Fİ62	2	1	1/2	0.31	
Fİ63	2	2	1	0.49	
Toplam	5.00	3.50	2.00		

EK-1 (Devam) Kriter ağırlıklarının AHP ile hesaplanması için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri

Çizelge 1.9. Servis destek (Fİ63) alt kriterinin alt birimleri için ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlık değerleri

	Fİ631	Fİ632	Ağırlık	Tutarlılık oranı
Fİ631	1	1/2	0.33	0 < 0.1 Tutarlı
Fİ632	2	1	0.67	
Toplam	3.00	1.50		

Çizelge 1.10. Servis (Fİ6) kriterinin alt kriterleri için ikili karşılaştırma matrisi ve ağırlık değerleri

	Fİ11	Fİ12	Ağırlık	Tutarlılık oranı
Fİ11	1	2	0.67	0 < 0.1 Tutarlı
Fİ12	1/2	1	0.33	
Toplam	1.5	3		

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZEL, Bedriye
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 10.03.1984, Eskişehir
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 (312) 231 74 00/2822
 e-mail : bedriyeozel@gazi.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Müh. Bölümü	2007
Lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Müh. Bölümü	2005
Lise	Eskişehir Yunus Emre Yab.Dil. Ağr. Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-.....	Gazi Üniv. Endüstri Müh.Bölümü	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Özel, B., Özyörük, B., “Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile Tedarikçi Firma Seçimi”
 Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22 (3): 415-423, 2007.

Hobiler

Tiyatro, İnternet, Alışveriş, Sinema.