



BULANIK BİLGİ AKSİYOMUNA DAYALI TEDARİKÇİ SEÇİMİ

Selahattin Eyyupi ŞENTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NİSAN 2017

Selahattin Eyyupi ŞENTÜRK tarafından hazırlanan “BULANIK BİLGİ AKSIYOMUNA DAYALI TEDARİKÇİ SEÇİMİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Başkan: Prof. Dr. Serpil EROL

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Yrd. Doç. Dr. Hatice ÇALIPINAR

İşletme, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 17/04/2017

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Selahattin Eyyupi ŞENTÜRK

17/04/2017

BULANIK BİLGİ AKSİYOMUNA DAYALI TEDARİKÇİ SEÇİMİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Selahattin Eyyupi ŞENTÜRK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Nisan 2017

ÖZET

Günümüz teknolojik gelişmeleri kapsamında küreselleşen pazarlar dikkate alındığında değişimlerin çok hızlı ve etkin olduğu, bu hızın ve değişimin taleplerde belirsizlikleri de beraberinde getirdiği görülmektedir. İşletmeler bu şartlarda önemli kararlar vermek zorunda kalmakta, bu kararların çoğunluğunu da stratejik açıdan önem taşıyan ve maliyet ilişkili kararlar oluşturmaktadır. Kaliteyi, maliyeti, müşteri memnuniyetini ve firmanın uzun vadede ayakta kalabilmesini etkileyen kararlardan birisi de tedarikçi seçim kararlarıdır ve bu kararların nesnel ve etkin olması gereklidir. Genel anlamda tedarikçi seçimi problemi karmaşık problemler sınıfında yer almaktadır. Bu tez çalışmasında, araştırma-geliştirme faaliyetleri sonucu prototip ürün üretimi yapan bir firma için tedarikçi seçimi problemi ele alınmış ve problemin çözümünde Aksiyomatik Tasarım (AT, Axiomatic Design) yaklaşımı önerilmiştir. AT karar verme sürecinde problemlerin nicel ve nitel kriterler göz önüne alınarak çözüm geliştirilmesi gerektiğinde başvurulabilecek çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden birisidir. Bu tez çalışmasında AT'nin ikinci aksiyomu olan bilgi aksiyomuna dayalı olarak karar verici tarafından önem arz eden kriterler baz alınarak oluşturulan hiyerarşik bir tedarikçi seçim modeli kullanılarak alternatif tedarikçiler içerisinde en küçük bilgi içeriği değerine sahip tedarikçi firmanın seçimine ilişkin bir uygulama yapılmıştır. Tedarikçi seçim sürecini etkileyen kriterlerin bir kısmı doğaları gereği niceliksel olarak yani sayısal verilerle ifade edilemediğinden dolayı bu kriterlerin değerlendirilmesi üçgensel bulanık sayılarla gerçekleştirilmiş ve bulanık AT yöntemi kullanılmıştır. Üçgensel bulanık sayıların aralığının değişiminin çözüm üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Ayrıca kriterlerin kendi içlerinde önceliklerinin olduğu durum da göz önünde bulundurularak ağırlıklı bulanık AT kullanılmış ve bulanık AT yönteminin sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Bilim Kodu : 90615
Anahtar Kelimeler : Tedarik zinciri, tedarikçi seçimi, aksiyomatik tasarım, bulanık sayılar
Sayfa Adedi : 101
Danışman : Yrd. Doç. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK

SUPPLIER SELECTION BASED ON FUZZY INFORMATION AXIOM

(M. Sc. Thesis)

Selahattin Eyyupi ŞENTÜRK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

April 2017

ABSTRACT

When regarding today's globalized markets in context of technological developments, it seems the variations are very rapid and efficient and this rapidity and variations also bring along the uncertainty in requests. Under these conditions, companies have to make mostly constituted by cost related and strategically important decisions. Decisions affecting the quality, customer satisfaction and long term sustainability of the company are selection decisions and all of them have to be objective and effective. Generally, supplier selection problems take place in complex problems category. In this study, for a company dealing with research and development projects and producing prototype products, supplier selection problem is considered and the solution based on Axiomatic Design (AD) method is proposed. AD, one of the multi attribute decision methods (MADM), is applied to solve the supplier selection problem including both qualitative and quantitative factors at the same 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 affecting supplier selection process can not be denoted by numerical values or quantitatively, because of the nature of these factors, the evaluation of the factors belonging to firms has been done by utilizing triangular fuzzy numbers and Fuzzy AD. The effect of the range change of triangular fuzzy numbers on the solution is investigated. Besides, regarding that factors have presidency with respect to each other Weighted Fuzzy AD has been used for evaluation and results of Weighted Fuzzy AD and Fuzzy AD methods have been compared.

Science Code : 90615

Key Words : Supply chains, supplier selection, axiomatic design, fuzzy numbers

Page Number : 101

Supervisor : Assist. Prof. Bahar ÖZYÖRÜK

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca, yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, motive eden ve cesaret veren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Bahar ÖZYÖRÜK'e, tez kapsamındaki uygulama için değerli vakitlerini ve ilgilerini esirgemeyen Y. Müh. Mustafa TÜRKMENOĞLU ve Dr. Demet ULUŞEN'e, üzerimde emeği olan tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca manevi desteklerinden dolayı aileme ve tüm dostlarıma sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ VE TEDARİKÇİ SEÇİMİ	5
2.1. Tedarik Zinciri Yönetimi	5
2.2. Tedarikçi Seçim Problemi.....	6
2.3. Problemin Tanımı ve Kriterlerin Formülasyonu.....	7
3. AKSİYOMATİK TASARIM.....	11
3.1. Aksiyomatik Tasarım ve Prensipleri	12
3.1.1. Bulanık aksiyomatik tasarım.....	17
3.1.2. Ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım.....	19
3.2. Aksiyomatik Tasarım İçin Literatür Araştırması	19
4. BULANIK AKSİYOMATİK TASARIM YAKLAŞIMI İLE HİYERARŞİK BİR TEDARİKÇİ SEÇİM MODELİ	33
4.1. Bulanık Aksiyomatik Tasarım (AT) ile Tedarikçi Seçimi	37
4.2. Tedarikçi Firmaların Fonksiyonel İhtiyaçlara (Kriter) Göre Bilgi İçeriklerinin Hesaplanması	39
4.2.1. AN firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması	70
4.2.2. JO firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması.....	72

	Sayfa
4.2.3. AS firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması	74
4.2.4. TE firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması	76
4.3. Tedarikçi Firmanın Seçimi.....	78
4.4. Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile Tedarikçi Seçimi	79
4.5. Bulanık Aksiyomatik Tasarım ve Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım Yaklaşımları ile Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması.....	84
4.6. Duyarlılık Analizi.....	86
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	91
KAYNAKLAR	95
ÖZGEÇMİŞ	101

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Kriterlerin yıllar itibariyle kullanılma oranları (% olarak)	8
Çizelge 3.1. Aksiyomatik tasarım ile ilgili literatür araştırması	31
Çizelge 4.1. Firmanın belirlediği tasarım aralığı ve tedarikçilerin sistem aralık verisi ..	38
Çizelge 4.2. Toplam bilgi içeriğine göre sıralama	78
Çizelge 4.3. Fonksiyonel ihtiyaçlar için ağırlık değerleri	79
Çizelge 4.4. AN firması için ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım ile elde edilen sonuçlar	80
Çizelge 4.5. JO firması için ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım ile elde edilen sonuçlar	82
Çizelge 4.6. AS firması için ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım ile elde edilen sonuçlar	82
Çizelge 4.7. TE firması için ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım ile elde edilen sonuçlar	83
Çizelge 4.8. Ağırlıklı bilgi içeriğine göre sıralama	83
Çizelge 4.9. Bulanık aksiyomatik tasarım ve ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması	85
Çizelge 4.10. Duyarlılık analizi sonucu firmalara göre tüm bilgi ihtiyaçları	87
Çizelge 4.11. Duyarlılık analizi sonrası firmalara göre toplam bilgi içeriği	87
Çizelge 4.12. AN firması için duyarlılık analizi sonrası ağırlıklı bilgi içeriği	88
Çizelge 4.13. JO firması için duyarlılık analizi sonrası ağırlıklı bilgi içeriği	88
Çizelge 4.14. AS firması için duyarlılık analizi sonrası ağırlıklı bilgi içeriği	89
Çizelge 4.15. TE Firması için duyarlılık analizi sonrası ağırlıklı bilgi içeriği	89
Çizelge 4.16. Duyarlılık analizi sonrası ağırlıklı toplam bilgi içerikleri	90

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Tasarım aralığı, sistem aralığı, ortak aralık ve Fİ'nin sistem olasılık dağılım fonksiyonu.....	15
Şekil 3.2. Tasarım aralığı, sistem aralığı, ortak aralık ve Fİ'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu	16
Şekil 3.3. Fiziksel olmayan faktörler için sayısal gösterim	18
Şekil 3.4. Sistem ve tasarım aralıklarının ortak alanı	18
Şekil 4.1. Tedarikçi seçim modelinin hiyerarşisi.....	36
Şekil 4.2. Sayısal olmayan kriterler için üçgensel bulanık sayılar	38
Şekil 4.3. AN firmasının fiyat kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları.....	39
Şekil 4.4. JO firmasının fiyat kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	40
Şekil 4.5. AS firmasının fiyat kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	40
Şekil 4.6. TE firmasının fiyat kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	41
Şekil 4.7. AN firmasının bakım maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	41
Şekil 4.8. JO firmasının bakım maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	42
Şekil 4.9. AS firmasının taşıma maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	42
Şekil 4.10. TE firmasının taşıma maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	42
Şekil 4.11. AN, JO, AS ve TE firmalarının kalite standartları alt kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	43
Şekil 4.12. AN firmasının operasyonel vakum seviyesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	45
Şekil 4.13. JO firmasının operasyonel vakum seviyesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	45
Şekil 4.14. AS firmasının operasyonel vakum seviyesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	45
Şekil 4.15. TE firmasının operasyonel vakum seviyesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	46

Şekil	Sayfa
Şekil 4.16. AN firmasının hacim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	46
Şekil 4.17. JO firmasının hacim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	47
Şekil 4.18. AS firmasının hacim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları.....	47
Şekil 4.19. TE firmasının hacim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	47
Şekil 4.20. AN firmasının elektrik tüketimi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	48
Şekil 4.21. JO firmasının elektrik tüketimi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	48
Şekil 4.22. AS firmasının elektrik tüketimi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	49
Şekil 4.23. TE firmasının elektrik tüketimi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	49
Şekil 4.24. AN, JO, AS ve TE firmalarının teknoloji seviyesi alt kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	50
Şekil 4.25. AN, JO, AS ve TE firmalarının sistem esnekliği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	51
Şekil 4.26. AN, JO, AS ve TE firmalarının sistem güvenilirliği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	53
Şekil 4.27. AN, JO, AS ve TE firmalarının cryo pompaların kalitesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	55
Şekil 4.28. AN firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	56
Şekil 4.29. JO firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları..	57
Şekil 4.30. AS firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	57
Şekil 4.31. TE firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	57
Şekil 4.32. AN, JO, AS ve TE firmalarının onarım servisleri alt kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	58
Şekil 4.33. AN firmasının coğrafi konum kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	60
Şekil 4.34. JO firmasının coğrafi konum kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	60

Şekil	Sayfa
Şekil 4.35. AS firmasının coğrafi konum kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	60
Şekil 4.36. TE firmasının coğrafi konum kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	61
Şekil 4.37. AN, JO, AS ve TE firmalarının zamanında teslimat alt kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	62
Şekil 4.38. AN firmasının teslimat süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	63
Şekil 4.39. JO firmasının teslimat süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	63
Şekil 4.40. AS firmasının teslimat süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	64
Şekil 4.41. TE firmasının teslimat süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	64
Şekil 4.42. AN, JO, AS ve TE firmalarının uzun vadeli bir ilişki kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	65
Şekil 4.43. AN, JO, AS ve TE firmalarının sözleşme şartlarının kabulü kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	66
Şekil 4.44. AN, JO, AS ve TE firmalarının iş yapma isteği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	68
Şekil 4.45. AN, JO, AS ve TE firmalarının piyasa itibarı kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları	69
Şekil 4.46. AN firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi	71
Şekil 4.47. JO firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi	73
Şekil 4.48. AS firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi.....	75
Şekil 4.49. TE firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi.....	77

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
A_{cr}	Ortak aralığın altındaki taralı alan
A_{sr}	Sistem aralığının altındaki alan
$(A_{cr})_{En\ yüksek\ seviye\ F\dot{I}_i}$	En yüksek seviyedeki $F\dot{I}_j$ ' ler ile ilişkili ortak aralığın alanı
$(A_c)_{yaprak}$	Altbirimplere ayrılamayan her $F\dot{I}$ (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
$F\dot{I}_j$	j. kriter (fonksiyonel ihtiyaç)
$F\dot{I}_{jkl}$	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
$I_{en\ üst\ düzey\ F\dot{I}_j}$	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 j. ana kriterinin 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 ($F\dot{I}$) gerçekleştirme olasılığı
p_{ij}	i. firmanın j. fonksiyonel ihtiyacını gerçekleştirme olasılığı
$p_s (F\dot{I}_i)$	Her $F\dot{I}_i$ için sistem olasılık yoğunluk fonksiyonu
p_{yaprak}	Altbirimplere ayrılamayan her $F\dot{I}$ 'nin gerçekleştirilme olasılığı
s_r	Sistem aralığı
w_j	j kriterinin ağırlığı

Kısaltmalar**Açıklamalar**

AHP	Analitik hiyerarşi prosesi
AŞP	Analitik şebeke prosesi
AT	Aksiyomatik tasarım
BAT	Bulanık aksiyomatik tasarım
BKT	Bulanık küme teorisi
ÇKKV	Çok kriterli karar verme
ÇÖKV	Çok ölçütlü karar verme
ÇTZ	Çevik tedarik zincirleri
DP	Doğrusal programlama
EİS	Esnek imalat sistemleri
Fİ	Fonksiyonel ihtiyaç
KFY	Kalite fonksiyon yayılımı
MİS	Modern imalat sistemleri
RFAT	Risk faktörlü aksiyomatik tasarım
TP	Tasarım parametresi
TZTA	Tedarik zinciri tasarımı ayrıştırması
TZÜ	Tam zamanında üretim
TZY	Tedarik zinciri yönetimi
YZ	Yapay zeka

1. GİRİŞ

Günümüz sürekli değişen ve gelişen rekabetçi piyasa şartları, organizasyonların yapısını müşteri isteklerinin çok kısa zaman zarfında değişim göstermesine karşı hızlı tepki vermeye ve bu istekleri karşılamaya yönelik çözümler üretmeye uygun olacak şekilde düzenlemeye zorlamaktadır. Organizasyonlarda söz konusu çetin rekabet ortamında karlılığın arttırılarak devam ettirilmesine yönelik fonksiyonel, nitelikli ve farklı tasarımlara sahip ürünleri üretebilmesine olanak sağlayacak esnekliğin mevcut olması gerekmektedir. Bu esnekliğin sağlanmasında hammaddenin tedarik edilmesinden nihai ürünün müşteriye sevk ve teslim edilmesine kadar süreç içerisinde rol alan malzeme ve bilgi akışlarının kontrol ve idaresini kapsayan tedarik zincirinin etkin yönetilmesi esastır.

Tedarik Zincirinin en önemli elemanlarından biri olan tedarikçilerin, işletmenin belirlediği stratejilere uygun ve hedeflere ulaştırıcı nitelikte olması önemli hususlardan biridir. Bu nedenle tedarikçilerin seçilmesi tedarik zincirinin yönetilmesinde en çok zorlanılan kısım olarak görülebilir. Tedarik zincirinin rekabet gücünün artması, tedarikçinin iyi yönetilen ve iyi tasarlanmış bir tedarik zincirine dahil olması ile gerçekleşir. Doğru tedarikçiyi seçme problemi kurulacak etkin bir tedarik zinciri için en önemli konulardan biri haline gelir.

Literatüre bakıldığında tedarikçi seçim problemi için yöneylem araştırmasının konusu olan birçok yöntemin kullanıldığı görülmekte, bazıları tek başına kullanılabilirken bazı durumlarda da beraberce kullanıldığı ve daha etkin çözümler arandığı görülmektedir. Tedarikçi seçiminin etkin ve efektif yapılabilmesi için birçok kriterin aynı anda değerlendirilmesi gerekmektedir. Ve bilindiği üzere bu kriterler çoğu zaman birbirleriyle çelişmekte, problemi daha karmaşık hale getirerek çözüm yollarının farklılaşmasına neden olmaktadır.

Bu tez kapsamında tedarikçi seçim probleminde hem nitel hem de nicel faktörlerin birlikte kullanılabilmesine olanak sağlayan birçok kriterli karar verme yöntemi olarak Nam Pyo Suh tarafından geliştirilen Aksiyomatik Tasarım (AT)'ın ikinci aksiyomu olan Bilgi Aksiyomu kullanılarak kriterler için belirlenmiş aralıkların hem sayısal hem de dilsel değişkenlerle ifade edildiği durum göz önüne alınmıştır.

AT prensipleri sadece en iyi alternatifin bir kriter kümesi içinden seçilmesine izin vermez,

aynı zamanda en uygun olanının da seçilmesine izin verir. Bu yönüyle diğer klasik ÇKKV tekniklerinden ayrılır [1]. Diğer yöntemlerin kısır kaldığı bir diğer nokta ise onların sadece alternatifleri birbirleriyle kıyaslamaları ve alıcı firmanın isterleri ile herhangi bir kıyaslama yapamamalarıdır [2].

AT yaklaşımı her bir kriterin tasarımcı tarafından belirlenen tasarım aralığını dikkate alan bir yaklaşımdır. Yani, AT yaklaşımında tasarım aralıklarını sağlayan alternatif seçilir, diğer birçok yöntemde ise tüm kriterleri en iyi seviyede karşılayan alternatif seçilir. Bu fırsat diğer mevcut yöntemlerde AHP, Bulanık AHP ve kullanılan puanlama yöntemleri ile mümkün değildir. AT yaklaşımı herhangi bir kriterin tasarım aralığını karşılamayan bir alternatifi reddetme bakımından da diğer birçok yöntemden farklılık gösterir [3].

Bu tez çalışmasında farklı niteliklerde kriterlere ve aynı anda tasarım kriteri olarak kabul edilecek kısıtlara sahip Ar-Ge projeleri sonucu prototip üretimi yapan bir firma için alternatif tedarikçiler arasından bilgi aksiyomu kullanılarak tasarım bilgi içeriği en az olan tedarikçinin seçilmesi amaçlanmıştır.

Tezin birinci bölümünde, çalışmanın amacı, kapsamı ve izlenecek yöntem hakkında 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 Ar-Ge firması için uygulaması yer almaktadır. Öncelikle tedarikçi seçim sürecini etkileyen kriterler ve yöntem kısaca tanımlanmış ve kriterlerin eşit öneme sahip olduğu durumda yöntem uygulanmıştır. Daha sonra kriterlerin önem derecelerinin eşit

olmadığı durumda Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım yaklaşımı kullanılmış ve elde edilen sonuçların karşılaştırması yapılmıştır.

Beşinci bölümde; tez genel anlamda değerlendirilmiş, iki yöntemle elde edilen çözüm sonuçları karşılaştırılmış ve yorumlanarak sonraki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.





2. TEDARİK ZİNCİRİ VE TEDARİKÇİ SEÇİMİ

2.1. Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik zinciri, ürün veya hizmetin ürün yaşam döngü süreçlerini de kapsayacak şekilde hammadde halinden başlayıp nihai müşteriye-son kullanıcıya teslimine kadar gerçekleşen işlemlerin, bilgi transferinin, fiziki dağıtımın ve alışverişin tümünü içinde barındıran bir sistemdir. Son zamanlarda geri dönüşümün ve toplama hizmetlerinin de dahil edildiği, tedarikçi, üretici, distribütör, perakendeci ve lojistikçilerden oluşan bir bütün haline gelmiştir.

Tedarik zinciri; iş süreçleri bağlamında ise satış sürecini, üretimi, stok yönetimini, malzeme teminini, dağıtımı, tedarik, satış tahmini ve müşteri hizmetleri gibi pek çok alanı içine almaktadır. Tüm bu süreçlerin koordinasyonu ve etkileşimini verimli bir şekilde sağlamaktan, hizmet kalitesini artırmaktan ve sürdürülebilir hale getirmekten sorumlu olan bir diğer süreçtir.

Tedarik zinciri yönetimi, farklı müşteri isteklerini etkin, verimli ve hızlı bir şekilde karşılayabilecek, kıt kaynakların verimli ve etkin bir şekilde kullanılmasını temin edecek, verimliliğin işletme içerisinde başlayarak tüm tedarik zinciri ağını kapsayacak şekilde artırılmasına yönelik, maliyetlerin azaltılmasına sebep olan, planlı, hızlı ve esnek bir tedarik, üretim ve dağıtım zincirini meydana getirmek ve işlerliğini sağlamak amaçları üzerine kurulan bir kavramdır. Bir tedarik zinciri genellikle 2 ana iş sürecinden oluşur:

a) Malzeme Yönetimi, bir malzemenin akışının tedarik edilmesinden, depolanmasına, miktar ve zaman yönlerinden kontrol edilmesine, kalite kontrolü yapılmasına, yerine koymaya ve son dağıtımına kadar tüm döngüsünü kapsar.

b) Fiziksel Dağıtım, taşıma, stok yönetimi, depolama ve ambalajlama, malzeme aktarımı, müşteri hizmetleri ve sipariş ana işlevlerinin yanında sipariş kabul, talep tahmini, dağıtım iletişimi, servis, aktarım, ambalajlama, ürün akış yönetimi gibi önemli konuları da kapsamına almaktadır. Tedarik zincirinin çok daha etkin ve verimli çalışabilmesi zincir içerisindeki halkaların birbirleriyle iletişimi, bilgi alışverişleri ve kararlardan haberdar olmaları ile doğrudan alakalıdır. Tedarik zinciri birden çok şirketi kapsayan yapıya sahip

olduğunda hepsinin tek bir şirket gibi hareket etmesiyle daha kaliteli, maliyeti düşük, piyasaya sürüm hızı artırılmış ve tatmin edici müşteri memnuniyeti sağlayan ürün veya hizmetleri meydana çıkarmaktadır. Bu kapsamda, Thomas ve Griffin, birleşik tedarik zincirini ele aldıkları çalışmalarında, tedarik zinciri yönetiminin alıcı-tedarikçi, üretim-dağıtım ve stok-dağıtım birleşimi olarak 3 temel aşamadan meydana geldiğini belirtmişlerdir [4]. Alıcı-tedarikçi birleşimi, tedarikçi seçimini çok yakından ilgilendirmektedir. Hammaddelerin temin edilmesi ile başlayan ve ürünlerin müşteriye ulaşmasını da içine alan malzemenin ve bilginin akışını sağlayan ve de tedarik zincirinin ilk halkası olan tedarikçilerin seçilmesi; maliyetlerin azaltılması, ürün kalitesinin yükseltilmesi, ürünlerin doğru zaman ve miktarda müşterilere ulaştırılmasına ilaveten verimlilik artışı için çok kritik bir problem haline gelmiştir.

2.2. Tedarikçi Seçim Problemi

Günümüz mevcut şartlarında rekabet eden firmaların kar edebilmeleri ve varlıklarını devam ettirebilmeleri için kaynakların en etkili bir şekilde kullanılması, anlık değişiklik gösteren müşteri taleplerine istenen ve tam zamanında ve de kaliteli ürün sunmaları mecburiyeti vardır. Firmalar bu doğrultuda yaptıkları aktivitelerini etkin ve efektif bir şekilde planlamak zorunda kalırlar. Planlama aktivitelerinin en elzem ve önem arz eden elemanlarından biri ürünü teşkil eden malzeme ve bileşenlerin tedarik edilmesidir. Doğru tedarikçinin seçilmesi, firmanın etkin ve efektif aynı zamanda verimli bir şekilde üretim faaliyetlerini sürdürebilmesi ve zorlu rekabet gerektiren pazar şartlarında payını muhafaza edebilmesi açısından en önemli etkidir. Tedarikçi seçimi ve değerlendirmesinin iyi yapıldığı durumda tedarikçilerden kaynaklanan problemler azalacağı gibi birden fazla tedarikçiyle çalışma zorunluluğu ortadan kalkar ve böylece tedarikçi ile uzun vadede stratejik ortaklık sürecine geçilebilir. Uzun vadeli ortaklık yapısına geçildiğinde ise maliyet alanında düşüş, kaliteli hammadde temininde artış ve temin sürelerinde azalma eğilimi ortaya çıkacak ve dolaylı olarak ürünün müşteriye ulaştırılma süresinde iyileşmelere yol açacaktır. İşletme için son derece önem arz eden tedarikçi seçimi konusunda bilimsel yöntemlerin kullanılması objektiflik ve etkinlik açısından gereklidir.

Literatüre bakıldığında tedarikçi seçimi ile ilgili yapılan çalışmalardan Boer, Labro ve Morlacchi'nin tedarikçi seçim problemini 4 aşamada incelediği görülmüştür [5]:

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

2.3. Problemin Tanımı ve Kriterlerin Formülasyonu

Ürün yaşam döngülerinin giderek kısalması sebebi ile potansiyel tedarikçilerin araştırılması, ürün gamının değişimini ve sınıflandırmasını güncel tutmak amacıyla firmalar için sürekli ve öncelikli bir öneme sahiptir. TZÜ ortamında satınalma, ortaklık kapsamında kurulan yakın ilişkiler, imtiyazlı tedarikçiler, uzun vadeli anlaşmalar vb. bu kapsamdadır. Bu şartlarda satınalma sürecinin başlangıç noktası tedarikçiden neyin gerçekleştirilmesinin istendiğinin net bir şekilde tespit edilmesidir.

Karar verme yöntemleri, bu problemin tanımlanması için karar vericinin vereceği bir karar doğrultusunda ihtiyaç duyacağı kriterleri ve mevcut alternatifleri özenli bir şekilde sorgulamasında yardımcı olur. Boer ve diğerleri tedarikçi seçimi kapsamında problemin tanımlanması aşamasıyla alakalı hiç yayın olmadığını ifade ederek genellikle karar vermek için ihtiyacı belirlemede nitel yöntemlerden faydalandığını tespit etmiştir [5].

Tedarikçi seçim sürecinde seçimi doğru yapabilmek için satın alma sürecinin başlangıç noktası, tedarikçinin seçilmesi ile sağlanacak katkıların belirlenmesi olmalıdır.

Doğru tedarikçinin seçimi işi, verilecek kararın çok kriterli yapı ihtiva etmesinden dolayı seçimde kullanılacak kriterlere doğrudan bağlıdır. Bu kapsamda tedarikçi seçim analizi, 1960 yılından bu yana bir çok çalışmanın çıkış noktası olmuştur. Aissaoui, Haouari ve Hassini, literatürde çeşitli araştırmacıların 1960'dan bu yana yaptıkları çeşitli deneysel çalışmalar neticesinde farklı tedarikçi özelliklerinin bağlı önemini öne çıkarmışlardır [6]. Yapılan bu çalışmalar arasında referans niteliğinde olanı Dickson'ın Amerika ve Kanada'dan 273 satınalma firmasına gönderilmiş ankete dayalı olarak belirlenen tedarikçi seçiminde kullanılan 23 kriterin ortaya çıkarılmasıdır. Belirlenen bu kriterler arasında; fiyat, teslimat, alıcının kalite hedefleri, tedarikçilerin bu kalite hedeflerini karşılayabilme kapasitesi, mevcut tedarikçilere ne kadar sipariş geçileceğine karar vermede özellikle çok önem arz etmektedir. Benzer bir şekilde, Weber'in çalışmasında literatürde en sık

karşılaşılan kriterlerin fiyat, teslim, kalite, üretim kapasitesi ve yerleşim olduğu ifade edilmiştir [6]. Tayyar ve Arslan, yaptıkları çalışmada tedarikçi seçiminde kullanılan, literatüre yeni eklenen kriterleri ve kullanım oranlarını incelemişlerdir. Bu değerlendirme Çizelge 2.1 de sunulmuştur [7].

Çizelge 2.1. Kriterlerin yıllar itibariyle kullanılma oranları (% olarak)

Kriterler	1966-1990(74) Weber vd.	1990-2001(36) Cheraghi vd.	2000-2008(78) Ho vd.	2000-2011(46) Thiruchelvam vd.
Kalite	54	79	87	80
Teslimat	60	77	82	78
Performans Geçmişi	10	10		22
Garanti ve Alacak Politikaları	1	0		11
Üretim Tesisi ve Kapasitesi	31	26	50	44
Fiyat	82	67	81	80
Teknik Kabiliyet	20	28	32	52
Finansal Durum	10	18	30	37
Prosedüre Uyum	3	5		0
İletişim Sistemi	3	10		15
Piyasa İtibarı	11	3	19	17
İş Yapma İsteği	1	0		4
Yönetim Organizasyon	14	18	32	48
Operasyon Kontrol	4	0		0
Onarım Servisleri	10	28	45	24
Davranış-Tutum	8	13		13
İzlenim	3	5		9
Paketleme Yeteneği	3	0		9
İşçi-İşveren İlişkileri Kaydı	2	3	4	13
Coğrafi Konum	16	5		26
Geçmiş İş Miktarı	1	0		4
Eğitim Yardımları	2	0		0
Karşılıklı Düzenlemeler	2	5		0
Güvenilirlik		Yeni		24
Tutarlılık		Yeni		
Stok Maliyetleri		Yeni		
Kültür		Yeni		
Esneklik		Yeni	23	41
Kalite standartları		Yeni		
Süreç İyileştirme		Yeni		26
Ürün Geliştirme		Yeni	31	41
Çevresel ve Sosyal Sorumluluk*			4	20
İş Sağlığı ve Güvenliği		Yeni	4	9
Bütünlük		Yeni		11
Profesyonellik		Yeni		9
Tam Zamanında Üretim		Yeni		11
Taahhüt*				20
Ekonominin durumu *				2
Uzun vadeli bir ilişki		Yeni		9
Siyasi durum *				4
Risk			4	
* Thiruchelvam ve Tookey (2011) literatüre ekledikleri yeni kriterlerdir.				

Çizelge 2.1 incelendiğinde kalite kriterinin kullanımının zaman içerisinde gözle görülür bir şekilde arttığı, fiyat kriterinin neredeyse eski yerini koruduğu, süreç ve konjonktürel gelişmelere bağlı kriterlerin eklenerek niteliksel kriterlerin varlığının arttığı gözlemlenmektedir.





3. AKSİYOMATİK TASARIM

Günümüz hızlı değişen yapısı sebebi ile işletmelerin karşılaştığı belirsizliklerin arttığı, işletme yönetiminin daha karmaşık bir hal aldığı görülmektedir. Buna karşın işletmeler için tercih edilebilecek seçeneklerin artışı da bu duruma ilave edildiğinde karar verme işleminin daha da zor hale gelmesi kaçınılmazdır. Bir işletmenin zengin bir karar verme sürecine sahip olması için karar vermenin sadece bilgi toplama işinden ibaret olmamasını, bunun yanında gelişmiş karar tekniklerinden de yardım alınarak karar verilmesini gerektirir.

Günümüz karar verme süreçleri incelendiğinde çoğu işletmenin bu süreçte bilginin toplanmasında ve analiz edilmesi aşamalarında çok yoğun bir emek ve zaman sarfettiği, buna karşın alternatiflerin değerlendirilmesi için daha az emek ve zaman harcadığı görülmektedir. Günlük birçok karar sezgisel olarak alınabilirken, orta ve daha uzun vadeli aynı zamanda karmaşık kararların alınmasında sezgisel olarak davranmak yeterli ya da doğru olmayacaktır. Karar alma sürecinde karar destek sistemlerinden istifade eden işletmeler, karar alırken daha hızlı ve etkin davranabilmekte, küreselleşen iş ilişkileri ağını daha iyi yöneterek avantajlı konuma geçmektedirler.

Karar vericilerin karar verme sürecinde yardımcı olması için çoğunlukla kantitatif tekniklerden yararlandığı bilinmektedir. Oldukça sık olarak kullanılan Yöneylem Araştırması tekniklerinin ise çeşitli karar verme durumlarında karar vericinin tüm sorunlarını ele almada ve çözmede yetersiz kaldığı bilinmektedir. İlgilenilen modele uygun veriler bulma konusunda zorluklarla karşılaşmakta, sabit parametreler kullanılan ve bilgisayar çözümü için gereken zamanlar epey uzun olabilmektedir. Ayrıca sayısal olmayan verilerin kullanılması durumunda bu tekniklerin uygun olmadığı aşikârdır.

Karar vermede etkili olan kriterlerin birbirleriyle çelişmesi karar vermeyi zorlaştıran etmenlerden bir diğeridir. Kriterlerin aynı anda sağlanamaması, biri sağlanıyorken diğerinin ya da diğerlerinin sağlanamaması, birbirlerini engelleme yahut zorlaştırma durumu söz konusu ise karar verme işi daha da zor hale gelecektir.

Birden fazla niceliksel ya da niteliksel kriterler ve amaçlar birçok karar verme işinde, söz konusu olabilmektedir. Bu kriterlerden bazılarının birbiriyle çelişmesi halindeki karar verme durumları Çok Ölçütlü Karar Verme olarak adlandırılmaktadır. Kriterler arasında çelişki

olması ve birbirini iyileştirmek için bir başkasından fedakarlık edilecek olmasından dolayı Çok Ölçütlü Karar Vermede en iyi alternatifini seçmek oldukça zordur. Bu sorunu gidermek, ölçütler arasında uzlaşma sağlamak ve alternatifler arasından en uygun olanını seçmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin dikkate aldığı ölçütler karar üzerinde etkin olan fakat maliyet esaslı olmayan ölçütlerdir.

Çok ölçütlü karar verme sürecinde kullanılacak yöntemler olarak Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Modeli, Ağırlıklı Çarpım Modeli, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Revize Analitik Hiyerarşi Prosesi, Analitik Şebeke Prosesi (AŞP), ELECTRE metodu, TOPSIS ve outranking metodları olarak ifade edilebilir. Bunların dışında fayda temelli SMARTS (Ağırlıklandırılmış Değer Fonksiyonu Modeli), üstünlüğe dayanan PROMETHEE, VIKOR, MOORA ve diğer bazı fayda temelli, üstünlüğe dayanan, etkileşimli ve basit yöntemler mevcuttur. Son zamanlarda birden fazla yöntemin kullanıldığı hibrit yöntemler de geliştirilmeye başlanmıştır.

Karar verme sürecinde birden çok seçeneğin bulunması durumunda aksiyomlarla tasarım prensiplerinden olan bilgi aksiyomu kullanılmaktadır [8]. Bu tezde tedarikçi seçim sürecinde karar vericilere destek sağlayıcı araç olarak bilgi aksiyomunu temel alan yöntem sunulmaktadır. Belirtilen yöntemin diğer yöntemlerden ayrılan en önemli özelliği, kesin (crisp) ve bulanık (fuzzy) ölçütleri birlikte değerlendirebilmesidir. Tedarikçi seçim süreci; fiyat, teslim süresi, hacim, elektrik tüketimi gibi kesin ölçütlerin ve sistem esnekliği, iş ilişkileri gibi bulanık ölçütlerin birlikte ele alınmasını gerektirdiği için, bu tez kapsamında tedarikçi seçim sürecinde bilgi aksiyomu kullanılmış ve aşağıdaki bölümde bu yöntem detaylı olarak anlatılmıştır.

3.1. Aksiyomatik Tasarım ve Prensipieri

Aksiyomatik Tasarım; Suh tarafından geliştirilen ve ürünler, sistemler ve süreçler için tasarım alanını bilimsel hale getiren bir tasarım yöntemidir [9]. Suh, tasarımı tanımlarken iki sorunun etkileşiminden faydalanır: “neyi gerçekleştirmek istiyoruz” ve “nasıl gerçekleştirebiliriz” [8].

Tasarımlar için bilimsel bir temel oluşturmak ve tasarımcıyı mantıklı düşünce süreçleri ve araçları ile destekleyerek tasarım faaliyetlerini geliştirmek aksiyomlarla tasarım yönteminin

temel amacdır. Tasarım aksiyomlarının varlığı aksiyomlarla tasarım içindeki en önemli kavramdır. Ürün tasarımlarının oluşturulmasında ve kurulan çözüm alternatiflerinin en iyisinin seçiminde oransal bir temel sağlayan iki tasarım aksiyomu bulunmaktadır [8]. Bu aksiyomlar aşağıdaki gibidir:

Aksiyom 1 (Bağımsızlık Aksiyomu): Fonksiyonel ihtiyaçların bağımsızlığını devam ettirmek. Fonksiyonel gereksinimler ile tasarım parametreleri arasındaki bağımsızlık ilişkisini tanımlamaktadır. Kabul edilebilir bir tasarımda, bir tasarım parametresi (DP) diğer fonksiyonel ihtiyaçları ($F\dot{I}$) etkilemeden ilgili fonksiyonel ihtiyacı sağlamak için düzenlenebilir.

Aksiyom 2 (Bilgi Aksiyomu): Bilgi içeriğinin minimize edilmesi. Alternatif tasarımlardan Bağımsızlık Aksiyomunu sağlayan en iyi tasarım minimum bilgi içeriğine sahiptir. Bilgi aksiyomu, karar verme sürecinde birden çok seçeneğin bulunduğu durumlarda kullanılmaktadır [8].

Bağımsızlık Aksiyomu, tasarım amaçlarını karakterize eden bağımsız fonksiyonel ihtiyaçların minimum sayısı olarak tanımlanan fonksiyonel ihtiyaçların ($F\dot{I}$) bağımsızlığının sürekli korunması gerektiğini savunur. Gerçek hayatta, mühendisler kompleks bir problemi onu alt problemlere ayırarak ve bu küçük problemleri bağımsız çözmeye çalışırlar. Bu, kompleks problemlerin ayrıştırılması ve problemler ile çözümler arasındaki bağımsız eşleştirme için önemli noktaları sağlayan etkili bir yöntemi çağırır [10].

Birden fazla fonksiyonel ihtiyaç mevcut olduğu durumda, tasarım çözümünün diğer fonksiyonel ihtiyaç etkilenmeden her bir fonksiyonel ihtiyacı sağlaması beklenir. Bu durum da fonksiyonel ihtiyaçları karşılayan ve aynı zamanda bu ihtiyaçların bağımsızlığını da koruyabilecek doğru bir tasarım parametre setinin seçilmesi anlamına gelmektedir [10].

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 [10].

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

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

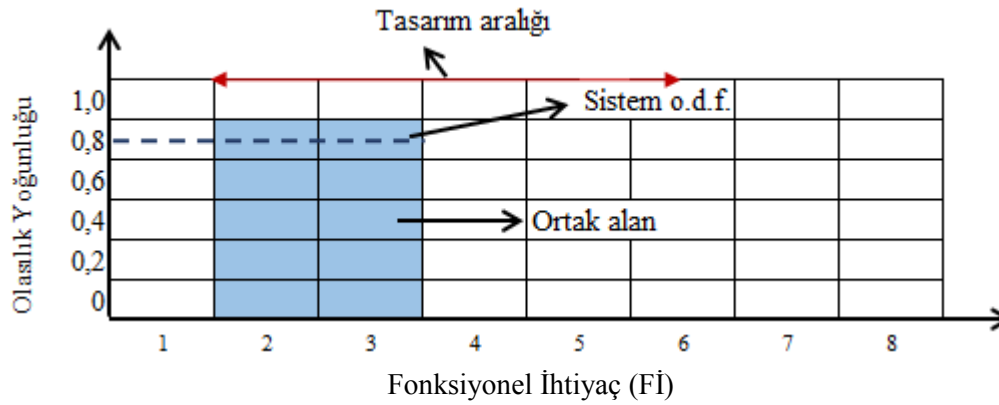
Bilgi küçük birimlerle verilir. Aynı zamanda karşılanması gereken bir sürü fonksiyonel ihtiyaç olduğunda bilgi içeriğinin eklenebilmesi için logaritmik fonksiyon seçilmiştir. n tane $F\hat{I}$ olduğundan toplam bilgi içeriği tüm bu olasılıkların toplamıdır. Tüm olasılıklar toplamı 1'e eşit olduğunda 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 [10].

Gerçekleşme olasılığı, $F\hat{I}$ için *Tasarım Aralığı* (d_r) belirterek ve $F\hat{I}$ yi sağlayacak tasarım için *Sistem Aralığı* (s_r) belirleyerek hesaplanabilir.

Herhangi bir 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 $F\hat{I}$ 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 $F\hat{I}$ 'nin sistem olasılık dağılım fonksiyonu

Sistem olasılık dağılım fonksiyonu uniform olduğu durumda $F\hat{I}$ 'nin gerçekleşme olasılığı Eş.3.2 ile hesaplanır [11]:

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

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

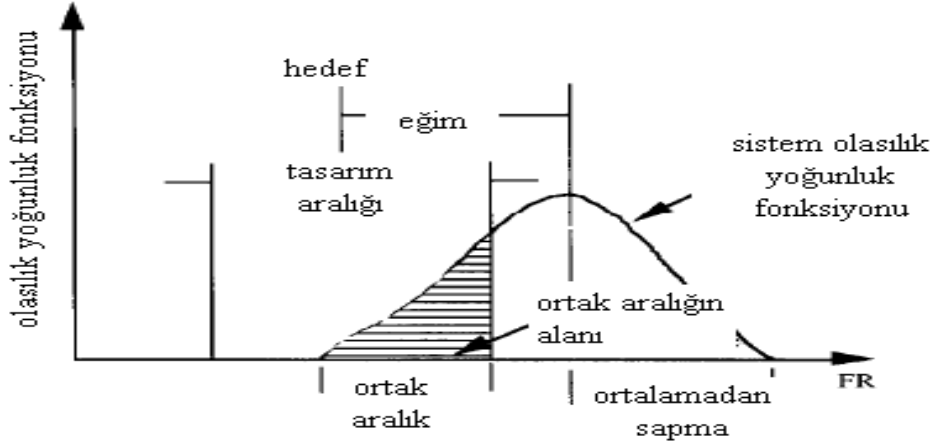
$$I_i = \log_2 \left(\frac{\text{sistem aralığı}}{\text{ortak aralık}} \right) \quad (3.3)$$

Eğer $F\hat{I}_i$ sürekli tesadüfi değişken ise, $p_s(F\hat{I}_i)$ her $F\hat{I}_i$ için sistem olasılık yoğunluk fonksiyonu iken, tasarım aralığındaki $F\hat{I}_i$ 'yi gerçekleştirme olasılığı Eş.3.4 ile hesaplanır;

$$p_i = \int_{d_{r1}}^{d_{ru}} p_s(F\hat{I}_i) dF\hat{I}_i \quad (3.4)$$

Eş.3.4, sistemin olasılık yoğunluk fonksiyonunun integralini alarak bütün sistemin aralığının gerçekleşme olasılığını verir. (örneğin tasarım aralığının en düşük sınırı d_{r1} , üst tasarım aralığının sınırı, d_{ru}) [8].

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 [10].



Şekil 3.2. Tasarım aralığı, sistem aralığı, ortak aralık ve FI ’nin olasılık yoğunluk fonksiyonu

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

A_{sr} sistem aralığının altındaki alanı, A_{cr} ortak aralığın altındaki taralı alanı ifade eder. Genellikle $A_{sr}=1.0$ olduğundan sağlanacak n tane FI 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 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;

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

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

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

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

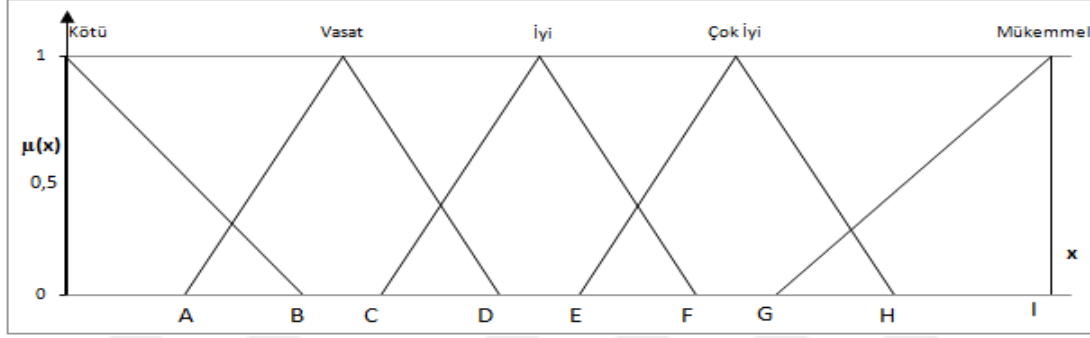
En büyük amaç; örneğin her Bilgi Aksiyomu olarak bilgi içeriğini küçültmek gibi, tüm p_{yaprak} ları birbirine eşitleyerek tasarlanmış sistem fonksiyonunu yapmak için gereken ilave bilgiyi minimize etmektir. Bu hedefi gerçekleştirmek için, tasarım Bağımsızlık Aksiyomunu sağlamalıdır. Tasarım fonksiyonel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

3.1.1. 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 gerçek sayılar kullanılır. Ancak veriler belirli olmadığında ve sayısal değerler yerine dilsel değişkenlerle ifade edildiğinde bu

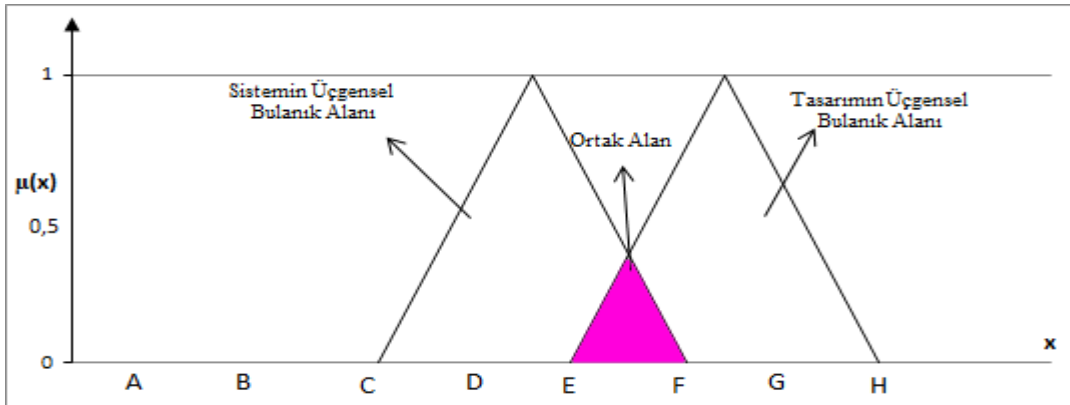
verilerin belirli bir kural tabanına bağılı olarak sayısal bir forma dönüştürülmesi gerekir. Bulanık küme teorisi bu aşamada kullanılabilecek önemli bir araçtır. Şekil 3.3'te sayısal olmayan faktörlerin sayısallaştırılması için literatürde sıklıkla kullanılan dilsel değişkenlere ait üyelik fonksiyonlarının şematik yapısı gösterilmiştir [11]:



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 değerin 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 ya da yamuksal bulanık üyelik fonksiyonları kullanılır. Dolayısıyla ortak alan, üçgensel ya da yamuksal bulanık sayıların kesiştiği bölgedir. Şekil 3.4'de görüldüğü gibi, ortak alan sistem aralığının bulanık üçgensel alanı ile tasarım aralığının bulanık üçgensel alanı arasındaki kesişim bölgesidir [11].



Şekil 3.4. Sistem ve tasarım aralıklarının ortak alanı

Buradan hareketle bilgi içeriği Eş.3.10 ile hesaplanır [8]:

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

3.1.2. Ağırlıklı bulanık aksiomatik 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 Aksiomatik Tasarım” yaklaşımı olarak adlandırılır [11].

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

3.2. Aksiomatik Tasarım İçin Literatür Araştırması

Bu tez çalışmasında AT kullanıldığı için literatür araştırması AT ile sınırlandırılmıştır.

Literatürde, Suh tarafından geliştirilen ve son yıllarda hızla gelişmekte olan AT tekniği ve ilkeleri, ürünler, sistemler, organizasyonlar ve yazılım gibi birçok 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, hücreli 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 üretim sistemlerinin tasarımında uygulanması oldukça sık görülmektedir. Gunasekera ve Ali'nin çalışmasında, kavramsal aşama, ilk aşama ve son aşamadan oluşan metal şekillendirme süreci için üç aşamalı yaklaşım oluşturulmuş kavramsal aşama aksiyomatik tasarım ilkelerinden faydalanılarak tasarlanmıştır [12]. Suh, AT metodolojisinin sistemlerin tanımlanması, sınıflandırılması ve tasarlanması esnasında kavramsal bir yaklaşım olarak kullanımını sağlamıştır [13]. Suh, Cochran ve Paulo, AT'ye dayalı geliştirdiği bir model de yalın prensiptir hatta ideal bir üretim sistemi tasarımında kullanmışlardır [14].

Babic, çalışmasının temel katkısının AT prensiplerine dayalı olarak geliştirilen yenilikçi bir EİS tasarım metodolojisi olduğundan bahseder. Genel tasarım prensibine bağlı iki tasarım aksiyomu ve teoremlerin bir kümesi EİS tasarımı için somutlaştırılır. Önerilen metodoloji tasarım aşamasında uygun bir EİS konfigürasyonu belirlerken iyi ve etkili bir karar destek sistemi olarak çalışır [15].

Cochran, Eversheim, Kubin ve Sesterhenn, yaptıkları çalışmada üretim sistemi tasarımını optimize etmek için bir fırsat olarak düşünülen üretim kurumunu küçük, esnek ve merkezden ayrı üretim birimlerine bölünmesi kapsamında AT ilkelerinden faydalanılmış ve bu bölünme stratejik, organizasyonel ve teknolojik tasarım açısından Yalın Üretimi desteklemiştir [16].

Cochran, Kim ve Kim, performans ölçümü ve üretim sistemi tasarımı arasındaki sebep ve sonuç ilişkisini sistem tasarımı bakış açısıyla açıklamıştır. AT, sistemin fonksiyonel ihtiyaçlarının ve karşılık gelen tasarım parametrelerinin arasındaki sebep-sonuç ilişkisini ortaya koyar ve tasarım ayrışımı yöntemiyle açıkça temsil eder [17].

S. J. Chen, Chen ve Lin, hücresel üretimde hücre performansını iyileştirmek için AT'nin bağımsızlık aksiyomunu kullanarak bilgi tabanı oluşturmuş ve AT nin bilgi tabanlı karar destek sistemi tasarımında uygulanabilirliğini göstermiştir [18].

Houshmand ve Jamshidnezhad, otomobil gövdesi montaj hattında yalın üretime bir yol haritası olarak AT yaklaşımını benimsemiş, müşteri memnuniyetini de kapsayacak şekilde üretim sistem tasarımına dayalı bir yalın imalat sistemi geliştirmiştir. Bu modelde, temel olarak organizasyonel yetenekler, teknolojik yetenekler ve değer akış analizi tasarım parametreleri olarak kullanılır [19].

Kulak, Durmuşoğlu ve Tüfekçi, aksiyomatik tasarım prensiplerinden faydalanarak konvansiyonel üretim sistemlerinde süreç oryantasyonunu hücresele oryantasyona dönüştürmek isteyenler için bir yapı ve yol haritası ortaya koymuştur. Yapılan çalışmada, önceden belirlenmiş olan performans kriterlerine dayalı olarak hücresele tasarımı değerlendirmek ve geliştirmek amacıyla sürekli gelişim için bir kontrol mekanizması önerilmiş, önerilen yöntem bir üretim firmasında uygulanarak performans gelişmeleri sonuçları da ayrıca verilmiştir [20].

Houshmand ve Jamshidnezhad, yalın üretim sistemi tasarımında kullanılmak üzere süreç değişkenlerinden faydalanarak aksiyomatik bir modelleme oluşturmuşlardır. Bu konuda yapılan önceki çalışmanın eksik olan tarafı, özelleştirilmiş tasarım parametrelerini oluşturan araçları açıklaması amacıyla tasarım parametrelerinin süreç alanına eşleştirilmesi sayesinde oluşturulan süreç değişkenlerinin olmamasıydı. Bu çalışmanın özelliği, süreç değişkenlerini üretim sistemi tasarımına tanıştırmak için bir girişim niteliğinde olmasıdır. Ürün gelişimi esnasında, sadece süreç değişkenlerinin kümesi süreç tasarımı olarak yorumlanabilir. Bir üretim sistemini düşündüğümüzde, yalın bir üretim sistemini uygulamak için gerekli araçlar, yöntemler ve kaynaklar proses değişkenleri olarak yorumlanır. AT metodolojisinde, fonksiyonel ihtiyaçlar, tasarım parametreleri ve proses değişkenlerini kapsayan yalın bir üretim sisteminin tasarım sürecini modellemek için hiyerarşik bir yapı geliştirilir [21].

Durmuşoğlu ve Kulak, ofis işlemlerini etkili şekilde tasarlamak amacıyla aksiyomatik tasarım ilkelerini kullanarak etkili bir yöntem geliştirmiştir. Aksiyomatik tasarımın bir özelliği, tasarım nesnelerini şekillendirme esnasında gerekli tüm bilginin iyi anlaşılmış örneklerinin kullanılmasını sağlamasıdır. Bu ilkelerden, ofis hücreleri tasarımında faydalanılır ve bu yöntemin ofis işlemlerinin düzenini iyileştireceği ve müşteri teslim süresinde azalma sağlaması ile rekabetçiliğe katkı sağlayacağı ifade edilir. Çalışmada gerçek hayattaki bir problemin çözümünde uygulanan ofis hücresi tasarım yöntemine ait sonuçlar sağlanmıştır. Bulunan sonuçlar, katma değeri olmayan birçok faaliyeti ortadan kaldırdığı için yöntemin ofis işlemlerini geliştirmede başarılı olduğunu göstermiştir [22].

Yakın zamanda, aksiyomatik tasarımın bağımsızlık aksiyomunun üretim sistemleri dışında diğer alanlarda da uygulanışına sıkça rastlanılmaktadır. Kim, Suh ve Kim yazılım

tasarımında, Suh kalite sistem tasarımı ve Tseng ve Jiao ürün tasarımı aksiyomatik tasarımdan üretim sistemleri dışında da faydalanan ilk isimlerdendir [23,24,25].

Jang, Yang, Song, Yeun ve Heedo, kavramsal bir itici tasarımı, bir ana motor seçim problemi ve mavna tasarım problemi örnekleriyle aksiyomatik tasarımın denizcilik alanındaki uygulanabilirliğini araştırmıştır. Bu örneklerde, itici tasarlanırken bağımsızlık aksiyomu ile fonksiyonel ihtiyaçlar ve tasarım parametreleri tespit edilerek tasarım için gerekli en küçük parçalar hiyerarşik bir yapıda belirlenmiştir. Bir ana motorda olması beklenen boyut ve ölçütler saptandıktan sonra bilgi aksiyomundan istifade edilerek en uygun ana motorun seçim işlemi gerçekleştirilmiştir. Mavna tasarımıdaysa ilk olarak problem tanımı yapılmış, bağımsızlık aksiyomuna göre kısmi tasarım parametreleri belirlenerek kısmi tasarım parametrelerinin bilgi aksiyomuna göre sıralaması yapılmıştır. Bu örneklerle, tasarım aksiyomlarının denizcilik tasarımında uygulanabilirliği ifade edilmiştir [26].

Helander ve Lin, aksiyomatik tasarımı ergonomik tasarıma bir astar olarak görmüş, aksiyomatik tasarımın el aletlerinin biyomekanik tasarımında ve çalışma alanlarının antropometrik tasarımında nasıl kullanıldığına ilişkin üç örnek göstermiştir. Bağımsızlık aksiyomu, tasarım faaliyetlerinin zaman alıcı tekrarlanan iyileşmeler içeren tasarım çözümlerini önlemek amacıyla nasıl yapılandırılacağını, ayrılmış bir tasarımın ideal tasarım sırasını ifade ettiğini göstermek için kullanmıştır. Bilgi aksiyomu antropometrik çalışma alanının tasarımında kullanılmıştır. Bilgi aksiyomunun doğrudan kullanımı ergonomik tasarım için uygun değildir. Antropometrik tasarımda kullanılacak bilgi içeriğinin hesaplanmasında yeni bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem, sistem aralığı ve tasarım aralığının yeniden tanımlanmasını ve bilgi içeriğinin yeni bir formülasyonla hesaplanmasını beraberinde getirmiştir. AT'nin tasarımda bilgiyi en aza indirme üzerinde durması, en az bilginin bilişsel ergonomi ve insan-makine etkileşimi için esas amaç olması ile örtüşmekte ve AT 'yi ileri ergonomik çalışmalarda kullanılmak üzere öne çıkarmaktadır [27].

Yia ve Park monitör paketleme esnasında geliştirilmiş polistiren ile dolgu kullanımına ilişkin aksiyomatik tasarımın bağımsızlık aksiyomuna göre bir tasarım akışı tanımlamış ve tasarımın otomatize olması için bir yazılım sistemi geliştirmiştir. Zikzaklama sürecine göre yazılım sisteminin fonksiyonel ihtiyaçları (Fİ) ve tasarım parametreleri (TP) tanımlanır ve ayrıştırılır. Bağımsız modüller, tüm tasarım matrisinin analiziyle oluşturulabilir ve her modül bir sınıf olarak Nesneye Yönelik Programlamada kodlanır. Tasarlanan sistem pratikte

uygulandığında tasarım çevriminin iki haftadan üç güne düştüğü gözlenmiş, bunun da hesaplama zamanından kaynaklandığı, esasen mühendislerin harcadığı sürenin 4-5 saat olduğu ifade edilmiştir [28].

Schnetzler, Sennheiser ve Schönsleben, bir tedarik zinciri stratejisinin gelişmesi amacıyla AT yaklaşımının tedarik zinciri yönetimine(TZY) uygulandığı bir yaklaşım sunar. AT prensipleri izlenerek TZY amaç ve araçlarını birbirinden ayıran tedarik zinciri tasarım ayrımı geliştirilmiştir. Yapılandırılmış bir yöntemin yardımıyla tedarik zinciri tasarım ayrımı şirket ve onun tüzel stratejisi, durumu, bağlamı ile aynı seviyede olan tedarik zinciri stratejisi değişkenlerinin ölçülebilir etkenlere dönüştürülmesinde kullanılabilir. Yöntemin nasıl uygulandığını gösteren örnek olay çalışmada sunulmuştur [29].

Son yıllarda oldukça geniş alanlarda uygulamasına rastlanan bilgi aksiyomu, ilk defa Osman Kulak tarafından literatüre çok ölçütlü bir karar verme aracı olarak kazandırılmıştır. Kulak ve Kahraman, bilgi aksiyomunu kullanarak modern imalat sistemlerinin (MİS) maliyet, kalite, kullanım kolaylığı, rekabetçilik, uygulanabilirlik, genişleme gibi kriterlere göre karşılaştırmasını yapmışlardır. Bilginin tam ve de tam olmadığı durumlar için MİS'lerin karşılaştırılması yapılarak, tam bilgi için kesin AT yaklaşımı, belirsiz(tam olmayan) bilgi için ise bulanık AT yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu çalışma, ilk defa bulanık AT yaklaşımının geliştirildiği ve MİS'lerin karşılaştırmasında kullanıldığı çalışma olup karşılaştırma için sayısal uygulamalar verilmiştir [30]. Kulak ve Kahraman, en iyi ulaştırma firmasının seçimi için, AT'yi belirli ve de bulanık AHP teknikleri ile birlikte kullanmış, elde edilen sonuçları kıyaslamışlardır [11]. Kulak, Durmuşoğlu ve Kahraman, çalışmalarında bilgi aksiyomunu maliyet ve teknik karakteristikler gibi belirlenen kriterler altında çok ölçütlü ekipman seçimini etkin bir imalat sistemi oluşturmak için kullanmışlar, hem kesin hem bulanık kriterlerle bilginin tam olduğu ve tam olmadığı durumları değerlendirmek için bulanık küme teorisinden faydalanmışlar ve MAXD isimli program sayesinde yatırım yapılırken kullanılacak olan matkap makinesi seçimini yapmışlardır [31].

Kulak, çalışmasında sistem esnekliği, verimlilik artışı, teslim süresinde ve maliyetlerde azalma etkenlerini malzeme taşıma ekipmanı seçiminde göz önünde bulundurarak bir karar destek sistemi (bulanık çok ölçütlü malzeme taşıma ekipmanı seçimi) geliştirmiştir. Bu sistem, veritabanı, kural tabanı sistemi ve çok ölçütlü karar verme modüllerinden oluşmaktadır. Bu veritabanı ekipman türleri ve özellikleri hakkında ayrıntılı bilgiler içerir.

Kural tabanlı sistem modülü en uygun malzeme taşıma ekipman türünü seçmek için sonuç çıkarım motoru tarafından kullanılacak kuralları sağlar. En nihayetinde aksiyomatik tasarım prensiplerinden bilgi aksiyomu kullanılarak en uygun ekipman için aynı türdeki alternatifler arasından son seçim kararı verilir. Alternatiflerin değerlendirilmesi tam ve eksik bilgi içeren her durum için yapılır. Bu çalışma ayrıca bulanık bilgi aksiyomu yaklaşımını önermesi ve bunu gerçek bir durumda, malzeme taşıma ekipmanı seçiminde kullanması bakımından önemlidir [32].

Murat ve Kulak, seçilen rotanın ulaşım maliyetlerini ve sürücü sağlığını önemli oranda etkilemesi sebebiyle rota seçiminde göz önüne alınması gereken ölçütleri seyahat süresi, tıkanma seviyesi, güvenlik ve çevre faktörü olarak sınıflandırmış, belirtilen ölçütleri göz önüne alarak sürücüler için en uygun rotanın değerlendirilmesi ve seçilmesinde bilgi aksiyomunu kullanan bir yaklaşım sunmuş, kesin (crisp) ölçüt değerleri için klasik ve bulanık (fuzzy) ölçüt değerleri için bulanık bilgi aksiyomu yaklaşımını içeren bu yöntemi Denizli ilinde rotaların değerlendirilmesi için uygulamıştır [33].

Coelho ve Mourao, çalışmalarında esasen tasarım sürecinde karar vermeye çerçeve sağlayan bir mühendislik tasarımı olan AT'nin her ürün ve ilgili üretim süreci arasındaki ilişkileri algılamayı nasıl başardığını göstermiştir. Mekanik bir parçanın daha sonra ortaya çıkacak detay tasarımını sağlayabilmek adına AT'nin bilgi içeriği en uygun üretim sürecini seçmek için kullanılır. Ürünlerin firmanın istediği maliyet ve direnç aralığında kalmasını sağlamak adına kullanılacak uygun teknolojinin bulunması için Bilgi aksiyomundan faydalanılmıştır [34].

Weber, Förster, Kößler ve Paetzoldb, çalışmalarında otomotiv sektörü içinde yüksek dalgalanmalı taleplerle baş edebilmek amacıyla esnek ve değiştirilebilir sistemler gerekmesi sebebiyle üretim birimlerinin karmaşıklığını azaltmak, güvenilir ve değişebilir üretim sistemleri elde etmek için AT'nin değişimi sağlayıcı etkisi üzerine bir yöntem önermişlerdir. Bu yöntemle, AT'nin üretim biriminin gereklerini düşürmek amacıyla değişken özelliklerde talepte bulunan gruplarla diyalog içine girmek ve ortaya çıkan tasarımın karmaşıklığını azaltmak için nasıl yardımcı olabileceği fonksiyonel ihtiyaçlar ve tasarım parametreleri arasındaki bağımlılıkları gösteren bir tasarım matrisi kullanılarak gösterilmiştir [35].

Kır ve Yazgan çalışmalarında, değişken bitiş tarihlerini, erken ve geç tamamlanma ceza maliyetleri ve dizi bağımlı hazırlık sürelerine tabi süt ürünleri üreten tek bir makinede temel amacı erkenlik ve gecikme toplam ceza maliyetleri minimize ve tam zamanında müşteri taleplerini karşılamak olan çizelgeleme probleminde erken ve geç tamamlanma ceza maliyetlerini belirlemek için Bulanık Aksiyomatik Tasarımı kullanmışlardır [36].

Beng ve Badrul çalışmalarında, çevreci tedarikçi seçimi problemi için bulanık aksiyomatik tasarım (BAT) yaklaşımını tüm alt kriterler dikkate alınarak tedarikçilerin niteliksel çevre performanslarını analiz etmede bilgi içeriği bakımından belirleyici sonuçlar üretebilen ve üç alternatif arasında en uygun tedarikçi belirleme yeteneğine sahip olan, çevreci tedarikçi seçimi alanında uygulama mümkünlüğü ve daha fazla inceleme olanağı sağlayan çözüm olarak önermiştir [37].

Kannan, Govindan ve Rajendran, çalışmalarında Singapur merkezli plastik üretim şirketinin en iyi çevreci tedarikçisini seçmesi için ilk başta çevresel kriterlerin, şirket ihtiyaçları ve literatür taramasına dayalı olarak geleneksel kriterler içinden geliştirildiği; sonrasında ise Bulanık AT yöntemi ile hem üreticinin(tasarım ihtiyaçları) ve hem de tedarikçinin (fonksiyonel ihtiyaçlar) gereksinimlerinin değerlendirildiği ve birden fazla ölçüt düşünüldüğünden bulanıklık içeren çok amaçlı optimizasyon modelinin geliştirildiği, belirli bir kriter kümesine dayalı olarak en iyi çevreci tedarikçiyi seçmede firmanın sistematik bir yaklaşım oluşturmaya yardımcı olan, bunun yanı sıra en uygun alternatif tedarikçinin analiz edilmesine de yardım eden bir yöntem geliştirmiştir [38].

Özel ve Özyörük, bir beyaz eşya üretici firması için tedarikçi firma seçimi problemini ele almış ve problemin çözümü için karar verme sürecinde hem nicel hem de nitel kriterlerin dikkate alınmasını gerektiren problemlerin çözümünde kullanılabilecek çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan Aksiyomatik Tasarım yöntemini önermiştir. Tedarikçi seçim sürecini etkileyen kriterlerin bir kısmı sayısal verilerle ifade edilemediği için değerlendirme üçgensel bulanık sayılar ile yapılmış ve değerlendirmede BAT kullanılmıştır. Ayrıca kriterlerin kendi aralarında önceliklerinin olduğu durum göz önüne alınarak Ağırlıklı BAT kullanılmış ve her iki yöntemin sonuçları karşılaştırılmıştır [39].

Khandekar ve Shankar'ın çalışmalarında karar vericiler için karmaşık ve eşit ölçüde zorlu bir görev haline gelen uygun ve rekabetçi robot alternatifi değerlendirme ve seçim problemi

ile baş edebilmek adına, oldukça güçlü çok ölçütlü karar verme modeli için BAT'nin uygulanabilirliğinin araştırması yapılmış, ticari açıdan hafif montaj işlemlerine uygun yedi aday robot doğası itibariyle niceliksel veya nümerik değerlerin bir aralığı şeklinde ifade edilen dokuz kriterin karışımıyla değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Tüm uygulanabilir alternatiflerin uygunluk sıralaması BAT yöntemi ile türetilmiş, böylece bu yöntemin bulanık ortamda robot seçimi problemleri için güvenilir ve sistematik bir araç haline getirildiği gösterilmiştir [40].

Bahadır ve Satoğlu, robotik kol seçiminde geleneksel çok kriterli karar verme yöntemlerinin kriterler ve alternatifler açısından öznel yargılara dayalı olması sebebi ile AT prensiplerini karar vericinin en uygun robot kolu seçiminde bilimsel, sistematik ve nesnel tabanlar üzerinde yapılmasına yardımcı olarak önermişlerdir [41].

Bilişik, Demirtaş, Tuzkaya ve Baraçlı, çalışmalarında İstanbul'da toplu ulaşım sisteminde kullanılan otobüslerin garajı için tamir ve bakım faaliyetlerinin icra edildiği en iyi yeri seçmede çok kriterli karar verme tekniklerinden Bulanık AHP ile garaj yeri seçimi ile ilgili çeşitli kriterler tanımlanmış ve ağırlıklandırılmış, bu ağırlıklar BAT yöntemi kullanılarak alternatif garaj yerleri önceliklendirilmiştir. Bu çalışmanın literatüre en büyük katkısı BAT ve Ağırlıklandırılmış BAT ile Bulanık AHP yöntemini İstanbul'da en iyi garaj yeri alternatifi seçiminde birleştirmesidir [42].

Büyüközkan ve Arsenyan tarafından yapılan çalışmada son yıllarda çevik tedarik zincirleri (ÇTZ) tasarımı ve uygulanmasına artan ilgi baz alınarak zincirin maksimum faydaya ulaşmasının zincir içerisindeki her şirketin uygun çevik tedarikçileri tespit etmesiyle mümkün olacağı varsayımıyla bu tedarikçilerin değerlendirmesinde analitik bir modeli kullanmayı, daha doğrusu ÇTZ tedarikçilerin etkili değerlendirilmesini desteklemek için aksiyomatik tasarım tabanlı bir bulanık grup karar verme yaklaşımını önermiş ve yaklaşımın uygulanabilirliği bir vaka çalışması ile doğrulanmıştır [43].

Shahbandarzadeh, Jafarnejad ve Raeesi, çalışmalarında önemli tedarikçi seçimi kriterlerinin belirlenmesini takiben tedarikçi seçimi problemine her bir kriter hem bulanık hem kesin tipte veri gerektirdiğinden bulanık ve kesin karışımı bir AT yaklaşımı kullanmış, önerilen yöntemin etkisini temin etmek için örnek olayda uygulamış ve sonuçları bir Doğrusal Atama Yöntemi ile mukayese etmişlerdir [44].

Khandekar, Antuchevičienė ve Chakraborty, çalışmalarında şehir planlamacılarına en karlı ve yapılabilir Küçük HESlerin yapım ve müteakip işlemin seçiminde yardımcı olması için tekno–ticari ve sosyoekonomik kriterlerin aday KHESlerin yapılabilirlik analizinde yamuk bulanık sayılar kullanılarak niceliksel olarak ifade edildiği BAT tabanlı bir yöntem kullanmıştır. Her bir KHES'in performansı toplam bilgi içeriğine göre değerlendirilmiş ve en az bilgi içeriğine sahip olan girişim istenen yapım faaliyeti için en iyi girişim olarak seçilmiştir. Benimsenen metodolojinin şehir planlamacıların yapım işleri için en uygun projeyi seçmelerinde büyük bir potansiyele sahip olduğu bulunmuştur [45].

X. Chen ve Han, Bilgi İşlem/Bilgi Teknolojileri(Bİ/BT) hizmetinin dışarıdan alımı için servis sağlayıcısının değerlendirilmesinde ve seçilmesinde bir bulanık çok kriterli karar verme yöntemini araştırmış, Bİ/BT dış kaynak kullanılacak hizmet sağlayıcının seçilme prosedürü ile ilgili 6 adet kriterle ilişkin karar vericiler tarafından verilen dilsel değerlendirme bilgileri üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüş, BAT prensiplerine dayalı olarak bilgi içerikleri hesaplanmış ve en uygun tedarikçi seçimi yapılmıştır [46].

Kulak, Kahraman, Öztaysi ve Tanyas, BAT yaklaşımının ilk defa geliştirildiği ve bunun çok ölçütlü değerlendirme karakteristiklerine sahip olması sebebiyle Bilgi Teknolojileri Sistemi karşılaştırma ve seçiminde de kullanıldığı çalışmalarında, tam ve eksik bilgi durumları için sırasıyla Kesin AT ve BAT yaklaşımları benimsenmiş ve nümerik uygulamalarla desteklenmiştir [3].

Kahraman ve Cebi, Kulak ve Kahraman tarafından önerilen bulanık bilgi aksiyomunu geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, bulanık bilgi aksiyomuna üç önemli araç eklemiştir. Bunlardan birincisi, hiyerarşik yapıları dikkate almayı sağlayan hiyerarşi aracı, ikincisi bulanık ortamda olumlu bilgiyi dikkate almayı sağlayan kesin aracı, sonuncusu ise alternatiflerin performansını ölçen sıralama aracı. Bundan başka, karar verme problem tipleri sınıflandırılmış ve fonksiyonel ihtiyaçlar üçgensel bulanık sayılar çalışmada sunulmuştur. Gerçek şu ki, yöntem çok ölçütlü karar verme problemlerinin her türüsüne çözüm üretmek için geliştirilmiş olup geliştirilen modelin kullanılabilirliğini göstermek için asistan öğretim elemanı seçiminde uygulanmıştır [47].

Zaralı ve Yazgan, lojistik merkezlerinin beklenen performansı gösterebilmesi için konumlandığı yerin önemine vurgu yaptığı çalışmasında Kayseri ili için bu lojistik

merkezlerinin yer seçimi problemini tartışmıştır. AT tasarımın bilgi aksiyomu prensibine göre 38 lojistik firmasıyla yapılan anket sonucu belirlenen kriterlere göre 9 alternatif merkezin değerlendirmesi bulanık ortamda yapılmış ve en uygun merkez bu yöntemle tespit edilmiştir [48].

X. Chen, Li, Fan, Zhou ve Zhang, yaptıkları çalışmada tedarikçiler ve talep sahipleri tarafından verilen kriterlerin beklenti seviyeleri de göz önüne alınarak münasip bilgi hizmeti talep edenler ile tedarikçileri etkin bir şekilde eşleştiren bir yöntem bildirmişlerdir. Talep edenlerin ve tedarikçilerin beklenti seviyelerini ve gerçek seviyeleri tanımlamak için dilsel bilgi kullanılır. Bulanık dilsel bilgiyi dikkate alan yeni bir eşleşme derecesi hesaplama yöntemi önerilir. İlk olarak talep edenlerle tedarikçiler arasında eşleşme ilişkisi tanımlanır. Sonra tedarikçiler ile bilgi talebi sahipleri arasında eşleşme derecesini tanımlayan AT prensiplerinden BAT yöntemine dayalı bir yöntem geliştirilir. Daha sonra çiftlerin toplam eşleşme derecesini en çoklayan ve optimal eşleşen çiftleri seçen çok amaçlı optimizasyon modeli formülize edilir [49].

Çakır, literatürde ilk defa bulanık çok ölçütlü derecelendirme tekniği (SMART) yaklaşımı ve bulanık ağırlıklı AT yaklaşımını Türkiye'de özel bir çay işleme fabrikası için optimal sürekli akışkan yataklı çay kurutucusu belirlemede kullanmıştır. Değerlendirme kriterleri bulanık SMART tekniğiyle hesaplanmış, sonrasında bulanık ağırlıklı AT yöntemi rakip makinelerin toplamda performansını sıralamak için kullanılmıştır. Bulanık AT uygulama aşamasında beş uzman fonksiyonel ihtiyaçları belirlemiş ve alternatifleri derecelendirmiştir. Bu sebeple, bireysel bulanık düşünceler grup kararı sağlanarak bir araya getirilmek durumunda kalınmıştır. Önerilen çalışmanın bulanık ortamda makine seçimi için gürbüz bir karar destek aracı olduğu ve diğer bulanık karar verme problemlerinde de kullanılabileceği özetlenmiştir [50].

Gören ve Kulak, çalışmasında Hiyerarşik Bulanık AT yöntemini literatürde ilk defa risk faktörlerini içerecek şekilde genişletilmiş ve RFAT olarak adlandırılan yeni bir yöntem önerilmiştir. Bununla birlikte, yeni yaklaşımın uygulaması gerçek dünyadan alınmış mermer-taş sektöründe tedarikçi seçim problemi üzerinde yapılmış ve literatürde yaygın olarak kullanılan diğer karar verme yöntemleriyle kıyaslanmıştır [51].

Büyüközkan, Arsenyan ve Ruan, karar vericilerin en uygun mobil lojistik aracını seçmelerini amaçlar ve bu amaca ulaşmak için lojistik araçlara yönelik birkaç değerlendirme kriteri tanımlanır ve BAT tabanlı grup karar verme tekniği iki aşamalı değerlendirmeyi gerçekleştirmek için görevlendirilir. Ön değerlendirmenin ilk aşamasında temel ihtiyaçları karşılamayan ve tanımlanan eşik değeri aşamayan alternatifler elenir. Seçimin ikinci aşamasında arta kalan alternatifler daha titizce değerlendirilir. Kriter ağırlıkları Bulanık AHP ile belirlenir ve diğer bulanık çok kriterli karar verme tekniklerinden TOPSIS, BAT sonuçları ile mukayese için uygulanır. Yöntemin uygulanabilirliği Türkiye pazarlarında bulunabilen entegre barkot okuyuculu PDAların seçiminde denenmiştir [52].

Beng ve Omar, çalışmalarında ürün yaşam döngüsü, yeşil tedarik zinciri ve sürdürülebilir üretim konularında karar verme sürecinin yardımını alarak AT prensiplerine dayalı sürdürülebilir ürün geliştirme için bir çerçeve önermiştir. Analiz ve/veya karar verme sürecine yardımcı olması için kesin ve bulanık AT'a ilişkin birkaç görsel örnek verilmiştir. Sonuçlar AT prensiplerinin tasarımcıyı/mühendisi fonksiyonel şekillenme seçiminde ürün kurtarmayı kolaylaştırdığını ve BAT yaklaşımının yeşil tedarikçi seçimi ve üretim çözümleri optimizasyonunda etkili olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, çalışmanın sonunda çevreye daha az zararlı ürünlerin tasarlanması ve üretilmesi için bir kılavuz olma vizyonu olan sürdürülebilir üretim gerçekleştirme çerçevesi önerilir [53].

Büyüközkan ve Göçer, yaptıkları çalışmada etkin bir tedarikçi seçimi için yeni bir Sezgisel Bulanık (SB) ÇKKV yaklaşımı önermişlerdir. Tedarikçi değerlendirme kriterlerinin ağırlıklandırılmasında SB AHP kullanılırken SB AT potansiyel olabilecek tedarikçileri değerlendirmede kullanılmış, bu yaklaşım Türkiye'de spor alanında faaliyet gösteren uluslararası bir firmada vaka çalışması yapılarak önerilen SB ÇKKV yönteminin geçerliliği sağlanmıştır. Gelecek tedarikçi seçimi problemleri ve yöntemleri için farklı bir alternatif oluşturulmuştur [54].

Khandekar ve Chakraborty, pratik ve endüstriyel önemlerine istinaden geleneksel olmayan mekanik işleme süreçleri için işlenecek malzemelerin üzerinde yapılacak en uygun işlemlerin seçilmesi kapsamında BAT yöntemini uygulamış, hangi mekanik işlemin hangi istenen sonuca daha etkin ulaştırdığını ortaya koymuştur [55].

Maldonado-Macías, García-Alcaraz, Reyes ve Hernández, ileri üretim teknolojisine sahip plastik döküm CNC tezgâhının seçimi amacıyla ergonomik uyumluluk değerlendirmesi temelinde BAT kullanarak uygulama yapmışlardır. Çok ölçütlü AT perspektifinden faydalanılarak ve uzman görüşleri de alınarak tasarım alternatiflerini ergonomik uyum bağlamında en iyi karşılayan en iyi üç alternatif arasından bulanık ortamdaki ergonomik uyumsuzluk içeriğine göre seçim yapılmıştır [56].

Vinodh, Kamala ve Jayakrishna, akış valfi tasarım alternatifleri arasından seçim yapmak amacıyla BAT yönteminden faydalanmışlar, Bulanık AHP ile fonksiyonel ihtiyaçları ağırlıklandırmışlar, bağımsızlık ve bilgi aksiyomunu beraber kullanarak seçim işlemini doğrulamışlardır [57].

Khandekar ve Chakraborty, daha uygun ve nihai ürün için daha kaliteli malzeme kullanımının optimizasyonu için nicel ve nitel kriterlerin bir arada olduğu bulanık ortamda koruyucu kaplama malzemesi ve denizaltı araçları için iticide kullanılan alüminyum karışımının seçilebilmesi adına AT yaklaşımından faydalanmışlar ve yaptıkları çalışmanın sonucunun eski çalışmalarla mükemmel bir şekilde eşleştiğini görmüşlerdir [58].

Khandekar ve Chakraborty, malzeme taşıma ekipmanlarının hem üretkenlik ve verimlilik hem de çalışanların iş güvenliği açısından önemli olması sebebiyle ekipman seçim problemi için kesin ve bulanık kriterleri bir arada kullanabilen AT yaklaşımını benimsemiş, literatürde var olan iki problem üzerinde uygulanabilirlik, esneklik ve potansiyel gücünü görmek için çözüm üretmiştir [59].

Khandekar ve Chakraborty, personel seçim problemi için AT prensiplerinden faydalanmış, gerçek hayat örneği olarak servis bölümü orta kademe yönetici seçimi için 5 adayı 18 kritere göre değerlendirmiştir [60].

Kulak, Goren ve Supciller çalışmalarında medikal görüntüleme cihazı seçimi için risk faktörlü AT yaklaşımını ve bir üniversite hastanesinde uygulamasını ilk kez önermişler, risk faktörlerini kriterlerle birlikte entegre etmişler ve üç farklı yöntemi (AT, Ağırlıklandırma ve Risk Faktörü) uygulayarak manyetik rezonans, ultrason ve tomografi cihazı seçimini gerçekleştirmişlerdir [61].

Aksiyomatik tasarım ve aksiyomatik tasarımla seçim problemlerine ilişkin yapılan literatür taramasında elde edilen bilgiler Çizelge 3.1 ile verilmiştir.

Çizelge 3.1. Aksiyomatik tasarım ile ilgili literatür araştırması

Yazar	Yıl	Kullanılan Yöntem	Problem Türü
Kulak	2005	Karar Destek Sistemi + AT	Malzeme Taşıma Sistemi Seçimi
Kulak ve ark.	2005	Aksiyomatik Tasarım + Bulanık AT	Ekipman Seçimi
Kulak ve ark.	2005	Aksiyomatik Tasarım + Bulanık AT	Bilgi Teknolojileri Sistemi Seçimi
Kulak ve Kahraman	2005	Bulanık AHP + AT	Ulaştırma Firması Seçimi
Murat ve Kulak	2005	Aksiyomatik Tasarım + Bulanık AT	En Uygun Rota Seçimi
Özel ve Özyörük	2007	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Tedarikçi Seçimi
Büyüközkan ve Arsenyan	2009	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Tedarikçi Seçimi
Kahraman ve Cebi	2009	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Öğretim Elemanı Asistanı Seçimi
Chen ve Han	2011	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Tedarikçi Seçimi
Büyüközkan ve ark.	2012	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	PDA Seçimi
Shahbandarzadeh ve ark.	2012	Aksiyomatik Tasarım + Bulanık AT	Tedarikçi Seçimi
Bahadır ve Satoğlu	2014	Aksiyomatik Tasarım	Robotik Kol Seçimi
Beng ve Badrul	2014	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Yeşil Tedarikçi seçimi
Beng ve Omar	2014	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Yeşil Tedarikçi seçimi
Bilişik ve ark.	2014	BAHP + BAT	Garaj Yeri Seçimi
Gören ve Kulak	2014	Risk Faktörlü Aksiyomatik Tasarım	Tedarikçi Seçimi
Kannan ve ark.	2015	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Yeşil Tedarikçi seçimi
Khandekar ve ark.	2015	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	HES Projesi Seçimi
Khandekar ve Shankar	2015	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Robot Seçimi
Khandekar ve Chakraborty	2015	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Malzeme Seçimi
Khandekar ve Chakraborty	2015	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Malzeme Taşıma Ekipman Seçimi
Kulak ve ark.	2015	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Medikal Görüntüleme Sistemi Seçimi
Maldonado-Macías ve ark.	2015	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Plastik Döküm Makinası Seçimi
Vinodh ve ark.	2015	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Tasarım Alternatifleri Seçimi
Büyüközkan ve Göçer	2016	Bulanık AHP ve Aksiyomatik Tasarım	Tedarikçi Seçimi
Chen ve ark.	2016	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Tedarikçi Seçimi
Chen ve ark.	2016	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Müşteri ve Tedarikçi eşleştirmesi
Çakır	2016	Bulanık Ağırlıklı Aksiyomatik Tasarım + Bulanık SMART	Makine Seçimi
Khandekar ve Chakraborty	2016	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Makine İşleme Süreci Seçimi
Khandekar ve Chakraborty	2016	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Personel Seçimi
Zaralı ve Yazgan	2016	Bulanık Aksiyomatik Tasarım	Lojistik Merkezi Yeri Seçimi

Çizelge 3.1 incelendiğinde AT yönteminin tedarikçi seçim problemlerinin yanında çeşitli seçim problemlerinin çözümünde de tek başına kullanıldığı gibi diğer yöntemlerle beraber kullanılarak hibrit çözümler geliştirilmiş olduğu görülmektedir.



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

Bu tez kapsamında, Ankara’da faaliyet gösteren Ar-Ge projeleri yapan ve prototip ürün üreten bir firmanın kullanacağı kritik bir cihazın, vakum odasının ve tedarikçisinin seçimi problemi ele alınmış ve bulanık AT yöntemi ile hiyerarşik bir tedarikçi seçim modeli geliştirilerek 4 alternatif tedarikçi arasından seçim işlemi gerçekleştirilmiştir.

Aksiyomatik tasarımda tedarikçi seçim probleminde seçimi etkileyen kriterler, bilgi aksiyomu kullanılarak oluşturulan tasarım alternatifleri arasında seçim yaparken tasarımın isterlerini temsil eden ölçütlerdir bir başka deyişle fonksiyonel ihtiyaçlar (Fİ) olarak tanımlanırlar [62].

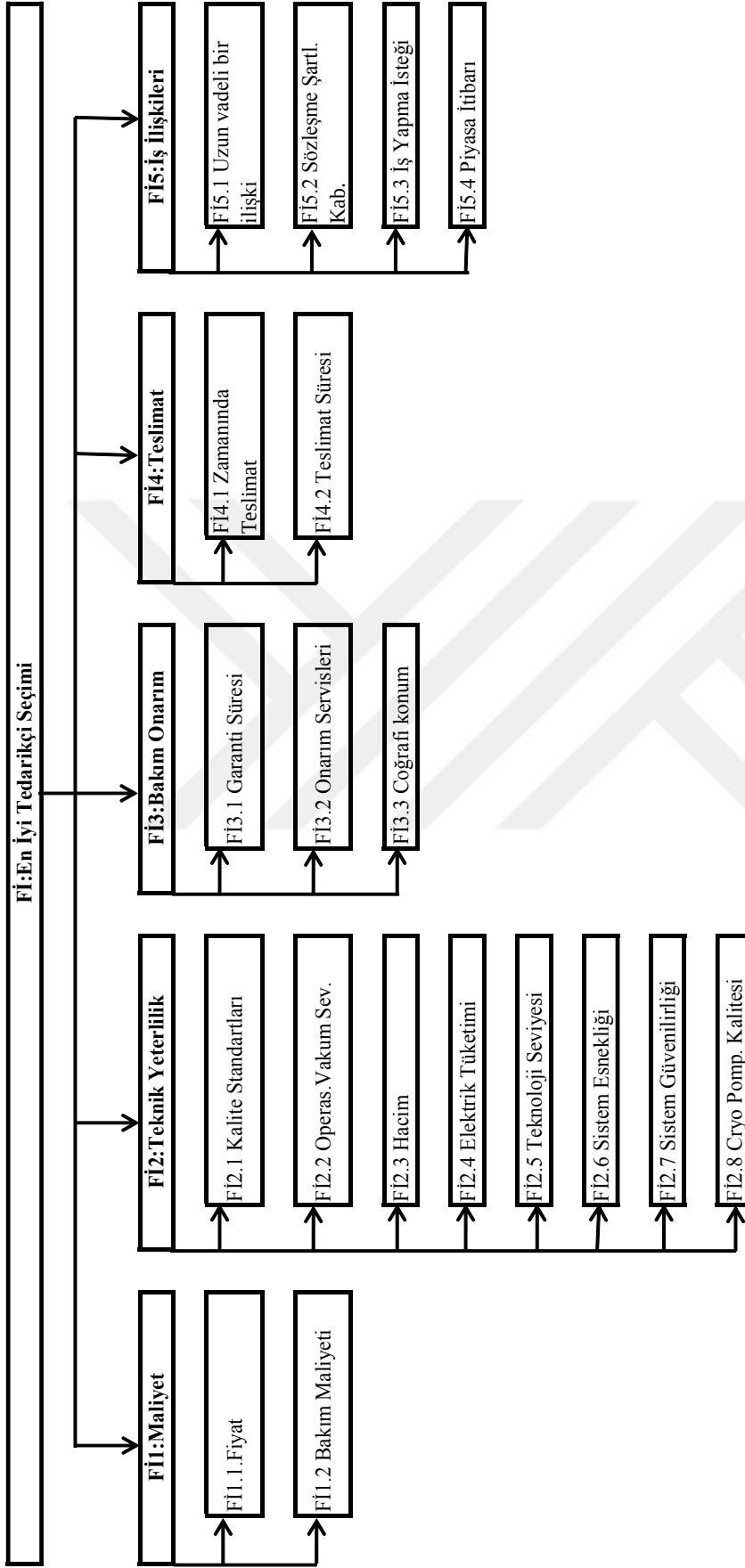
Yapılan tez çalışmasında öncelikle tedarikçi firma seçim sürecini etkileyen kriterlerin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Konu ile ilgili firma içinden vakum odası gereksinimi belirleme konusunda bilgili ve tecrübe sahibi aynı zamanda bu vakum odasında sistem ve modül seviyesinde ortam testleri yapacak yetkinlikte uzman mühendislerden oluşan ekip ile birlikte çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda tedarikçi firma seçimini etkileyen en önemli kriterler 5 ana başlık altında toparlanmış ve bu ana başlıklar 19 alt kriter seviyesinde detaylı olarak ayrıştırılmıştır. Çizelge 2.1 ile verilen tedarikçi seçiminde kullanılan kriterlerin yıllara göre kullanım oranlarına bakılarak; Coğrafi Konum, Karşılıklı Düzenlemeler (Sözleşme Şartlarının Kabulü), Esneklik (Sistem Esnekliği), Güvenilirlik (Sistem Güvenilirliği), Onarım Servisleri, Piyasa İtibarı, İş Yapma İsteği, Teknik Kabiliyet (Teknik Yeterlilik), Fiyat (Birim Fiyat), Kalite, Kalite Standartları, Teslimat (Teslim Süresi), Taahhüt (Zamanında Teslimat), Garanti ve Alacak Politikaları (Garanti Süresi), Uzun Vadeli Bir İlişki kriterleri bu çalışma kapsamına uygun olarak görülmüş ve kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında ele alınan kriterlere ilave olarak, seçilecek cihaz ve firmalara özgü, teknik gereksinimlerden yola çıkılarak Bakım Maliyeti, Operasyonel Vakum Seviyesi, Hacim, Elektrik Tüketimi, Teknoloji Seviyesi, Cryo Pompaların Kalitesi seçim kriteri olarak belirlenmiş ve aşağıda bu kriterlere ilişkin açıklama yapılmıştır:

1. MALİYET: Tedarik edilen cihazın firma için satın alma ve iki yıllık bakım maliyeti ile birlikte toplam maliyetini kapsar.
- 1.1. Fiyat: Tedarikçiden alınan cihazın birim fiyatını ifade eder.

- 1.2. Bakım Maliyeti: Cihazın garanti süresi dışındaki iki yıllık bakımları için ödenecek ücreti ifade eder.
2. TEKNİK YETERLİLİK : Cihazın istenen teknik kriterlere ne derece uygun olduğunu, kriterleri karşılama durumunu ifade eder.
 - 2.1. Kalite Standartları: Cihazın üretimi esnasında uyulan, uygulanan standartları ifade eder. Bu kapsamda Avrupa ve Amerikan standartlarını temsil eder.
 - 2.2. Operasyonel Vakum Seviyesi: Cihazın çalışma esnasında inebileceği vakum seviyesi değerini ifade eder.
 - 2.3. Hacim: Cihazın eklenti ve parçaları ile kurulabileceği minimum alan gereksinimini ifade eder.
 - 2.4. Elektrik Tüketimi: Cihazın bir saat içerisinde en yüksek seviyede çalıştığında ihtiyaç duyduğu/tükettiği elektrik miktarını ifade eder.
 - 2.5. Teknoloji Seviyesi: Cihazın alt bileşenlerinde ve üretiminde kullanılan teknoloji seviyesini ifade eder.
 - 2.6. Sistem Esnekliği: Cihazın modülerliğini, istenen şartlara adapte edilebilme yeteneğini ifade eder.
 - 2.7. Sistem Güvenilirliği: Sistemin belirli çalışma şartları altında arıza vermeden ve kabul edilebilir kalibrasyon aralığında düzgün ölçüm yapabilmesini ifade eder.
 - 2.8. Cryo Pompaların Kalitesi: Cihazın içerisinde kullanılan cryo pompaların tekliflerde belirtilen markalarına göre kalitesini ifade eder.
3. BAKIM ONARIM: Sipariş edilen cihazın bakım ve onarımı ile ilgili işlemlerle ilişkin nitelik ve nicelikleri kapsar.
 - 3.1. Garanti Süresi: Cihazın üretici tarafından verilen maksimum garanti süresini ifade eder.
 - 3.2. Onarım Servisleri: Cihazın arıza yahut bakım durumlarında müdahil olacak bakım servislerinin yakınlığını ve yetkinliğini ifade eder.
 - 3.3. Coğrafi Konum: Sipariş edilen cihazın kurulum, eğitim ve bakım gibi sebepler dolayısıyla menşenin ülkeye olan uzaklığını ifade eder.
4. TESLİMAT: Sipariş edilen cihazın teslim süresi ve bu süreye riayet edilmesi durumlarını kapsar.
 - 4.1. Zamanında Teslimat: Firmanın istenilen cihazı vaat ettiği tarihte teslim edebilme kapasitesinin bir ölçüsüdür.
 - 4.2. Teslim Süresi: Cihazın firma tarafından belirlenen teslim takvimine göre nihai kullanıcıya ulaştırılmasını da kapsayacak şekilde üretim zamanını ifade eder.

5. İŞ İLİŞKİLERİ: Firmaların uluslararası iş yapma açısından yaklaşımlarını, kredilerini, bilinirliklerini ve uzlaşma stratejilerini kapsar.
- 5.1. Uzun Vadeli Bir İlişki: Firmalarla yapılacak benzer işler kapsamında firmaların yaklaşımlarının ve sağlayacakları teknik bilgi ve maliyet azaltımının bir ölçüsüdür.
- 5.2. Sözleşme Şartlarının Kabulü: Firmaların mevcut sözleşme şartlarına ne kadar uyduklarının ve kabul durumlarının bir göstergesidir.
- 5.3. İş Yapma İsteği: Firmaların istenen bilgileri ve belgeleri hazırlama süresi ve içeriklerinin tatminkârlığının bir ölçüsüdür.
- 5.4. Piyasa İtibarı: Firmanın aynı iş kolunda yürüttüğü faaliyetler kapsamında müşteriler, rakipler ve tedarikçiler tarafından tanınırlığının ve bilinirliğinin bir ölçüsüdür.

Bu kriterlere dayalı olarak en iyi tedarikçi firmanın seçiminde, BAT yaklaşımı ve kriterlerin ağırlıklara sahip olduğu durum da gözetilerek Ağırlıklı BAT yaklaşımı kullanılmıştır. Firmadaki ilgili araştırmacı ve talep sahipleri ile belirlenen ve yukarıda verilen tedarikçi seçim kriterleri fonksiyonel ihtiyaçlara dönüştürülmüş ve hiyerarşinin anlaşılması için 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, Fİ1 daha fazla alt birime ayrıştırılamadığından, Fİ11 ve Fİ12 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.



Şekil 4.1. Tedarikçi seçim modelinin hiyerarşisi

4.1. Bulanık Aksiyomatik Tasarım (AT) ile Tedarikçi Seçimi

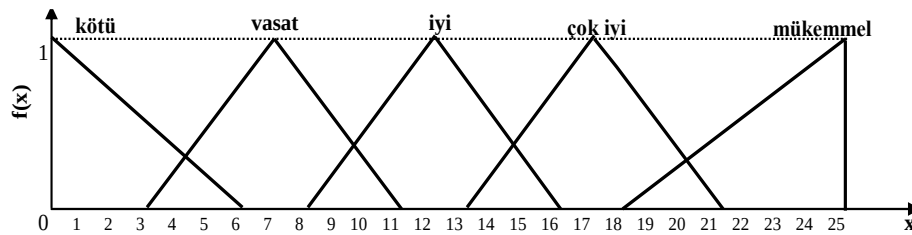
Aksiyomatik Tasarım uygulamasında Bilgi Aksiyomu kullanılmadan önce Bağımsızlık Aksiyomunun sağlandığının teyit edilmesi gerekir. Bu tez çalışmasında alternatifler için sağlanması gerekli olan fonksiyonel ihtiyaçlar, yani belirlenen ve kullanılan kriterler birbirinden bağımsızdır. Her bir alternatifin sahip olduğu bilgi içeriğinin hesaplanabilmesi için fonksiyonel ihtiyaçların (Fİ) tasarım aralıklarının belirlenmesi gerekir. Bu amaçla firmadaki ilgili kişilerle birlikte yapılan çalışma sonucunda fonksiyonel ihtiyaçlar için belirlenen tasarım aralıkları (kısıtlar) ve tedarikçi firmaların gerçekleştirdikleri sistem aralıkları aşağıda Çizelge 4.1’de verilmiştir:



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

No	Kriterler (FI)	Birim	Firma İsteği	AN	JO	AS	TE
1	Maliyet		Tasarım Aralığı	Sistem Aralığı			
	1.1.Fiyat	Euro(10 ⁴)	51-60	49-55	57-63	55-62	52-58
	1.2.Bakım Maliyeti	Euro(10 ³)	29-41	30-33	40-45	38-41	39-42
2	Teknik Yeterlilik						
	2.1.Kalite Standartları	Dilsel	(18,21,24)	Çok İyi	Mükemmel	Çok İyi	Mükemmel
	2.2.Operasyonel Vakum Seviyesi	Torr(10 ⁻⁷)	1000-1075	975-1100	1025-1125	975-1125	975-1150
	2.3.Hacim	Dm ³	1 800-2 200	1700-1950	1900-2100	2100-2300	2050-2200
	2.4.Elektrik Tüketimi	Kwh	55-72	52-58	65-72	58-64	70-78
	2.5.Teknoloji Seviyesi	Dilsel	(16,19,24)	Çok İyi	Mükemmel	Çok İyi	Çok İyi
	2.6.Sistem Esnekliği	Dilsel	(14,19,24)	Mükemmel	Çok İyi	Çok İyi	İyi
	2.7.Sistem Güvenilirliği	Dilsel	(15,19,23)	Çok İyi	Mükemmel	İyi	İyi
	2.8.Cryo Pompaların kalitesi	Dilsel	(17,20,25)	Mükemmel	Çok İyi	Mükemmel	Çok İyi
3	Bakım Onarım						
	3.1.Garanti Süresi	Ay	24-30	20-28	24-30	24-36	18-26
	3.2.Onarım Servisleri	Dilsel	(14,18,22)	Çok İyi	Mükemmel	Mükemmel	İyi
	3.3.Coğrafi Konum	Km	1800-3000	1900-2100	2900-3200	2600-2800	2800-3100
4	Teslimat						
	4.1.Zamanında Teslimat	Dilsel	(10,12,17)	Vasat	Çok İyi	İyi	Çok İyi
	4.2.Teslimat Süresi	Hafta	26-36	28-32	34-38	25-29	29-33
5	İş İlişkileri						
	5.1.Uzun Vadeli Bir İlişki	Dilsel	(15,19,22)	Mükemmel	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
	5.2.Sözleşme Şartlarının Kabulü	Dilsel	(11,15,19)	İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
	5.3.İş Yapma İsteği	Dilsel	(10,15,20)	Mükemmel	Mükemmel	Vasat	Çok İyi
	5.4.Piyasa İtibarı	Dilsel	(11,20,25)	İyi	Mükemmel	İyi	Mükemmel

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 [62].



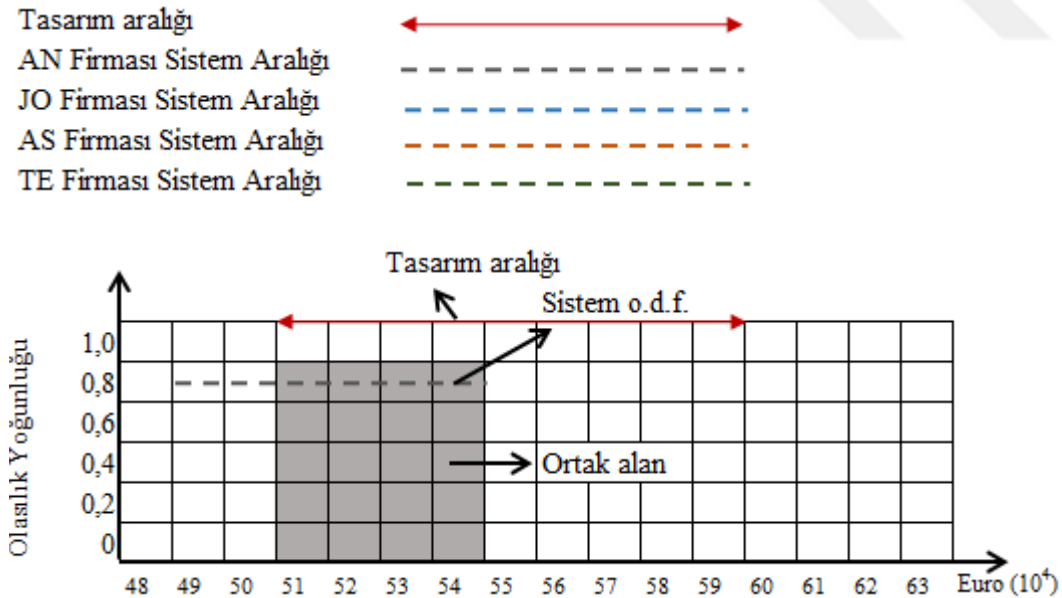
Şekil 4.2. Sayısal olmayan kriterler için üçgensel bulanık sayılar

4.2. Tedarikçi Firmaların Fonksiyonel İhtiyaçlara (Kriter) Göre Bilgi İçeriklerinin Hesaplanması

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

Farklı bir çözümün tercih edilmesine gerek olmadığı durumlarda, uniform dağılımlı veya bilgilerin uniform dağılım bilgisine en yakın olan çözümü seçmek daha iyidir [63].

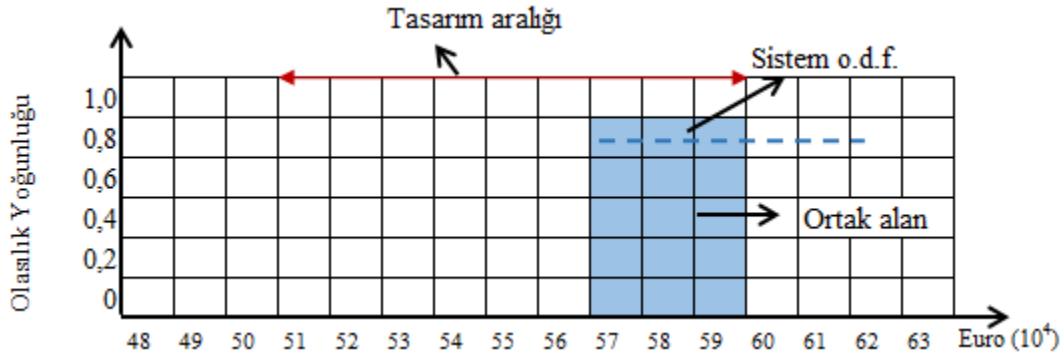
Maliyet ana kriterinin (Fİ1) alt kriteri olan “Fiyat” kriteri (Fİ11) için tasarım aralığının 51 ile 60 ($\times 10^4$) EURO arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda AN, JO, AS ve TE tedarikçi firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Fiyat nicel bir değer olduğu için ve doğrusal bir aralıkla ifade edildiği için uniform olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılmıştır.



Şekil 4.3. AN firmasının fiyat kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

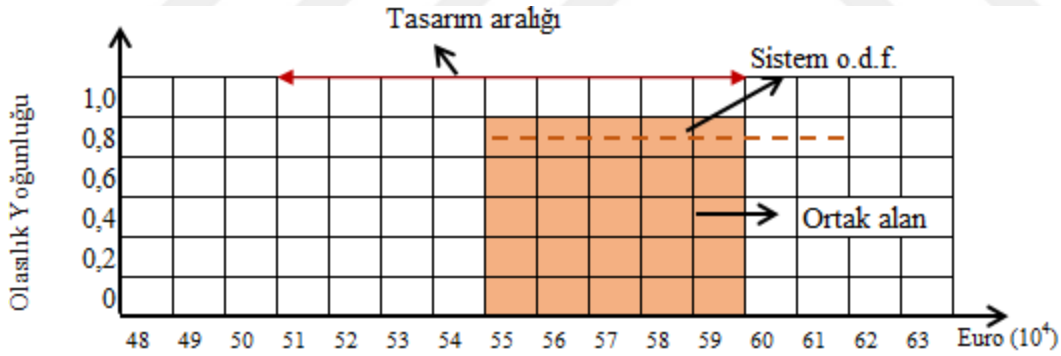
$$I_{AN11} = \log_2 \left(\frac{55-49}{55-51} \right) = 0,585$$

AN firmasının sistem olasılık dağılım fonksiyonu 49 ile 55 değerleri arasındadır. Buradan tasarım aralığı ile sistem aralığı arasındaki kesişim bölgesi olan ortak aralık 51 ile 55 arasındaki aralığı kapsar. AN firmasının birim maliyet kriteri için bilgi içeriği (I_{AN11}) de Eş. 3.3'den yukarıdaki hesaplama sonucu elde edilir. Sistem aralığı ile tasarım aralığı arasındaki kesişim aralığı arttıkça bilgi içeriği de azalmaktadır.



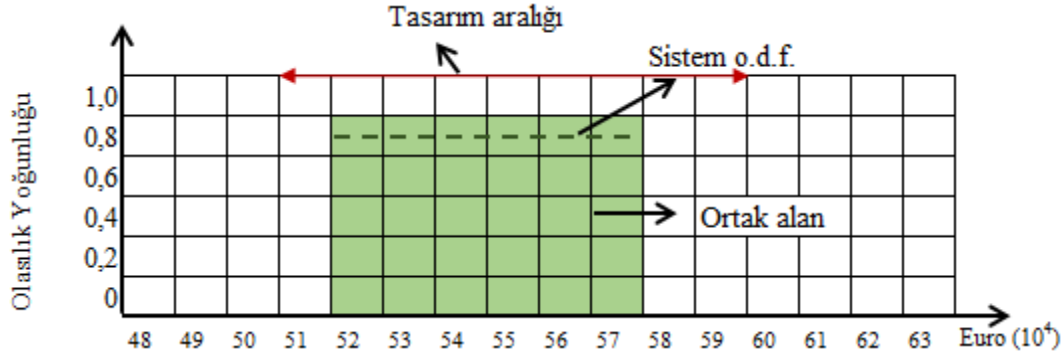
Şekil 4.4. JO firmasının fiyat kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{JO11} = \log_2 \left(\frac{63-57}{60-57} \right) = 1,000$$



Şekil 4.5. AS firmasının fiyat kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AS11} = \log_2 \left(\frac{62-55}{60-55} \right) = 0,485$$



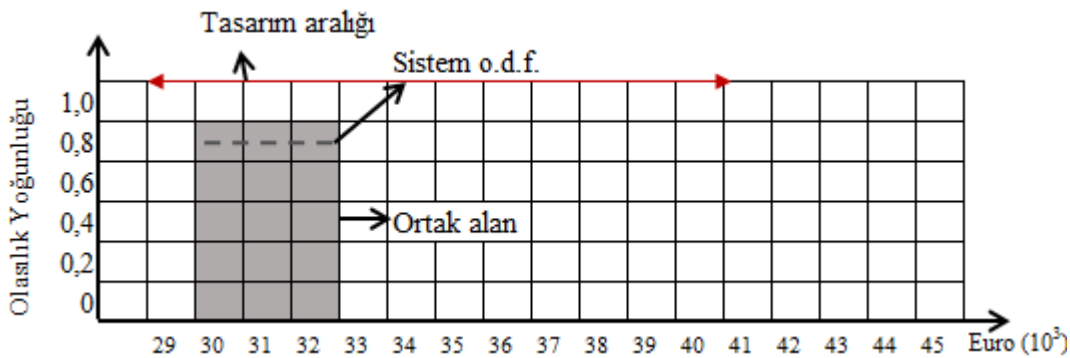
Şekil 4.6. TE firmasının fiyat kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{TE11} = \log_2 \left(\frac{58-52}{58-52} \right) = 0$$

TE firmasının fiyat kriteri için gerçekleştirdiği sistem aralığı ile ortak aralık aynı aralıktadır. Bu nedenle bilgi içeriği değeri olması istenen ideal değer 0'a eşittir.

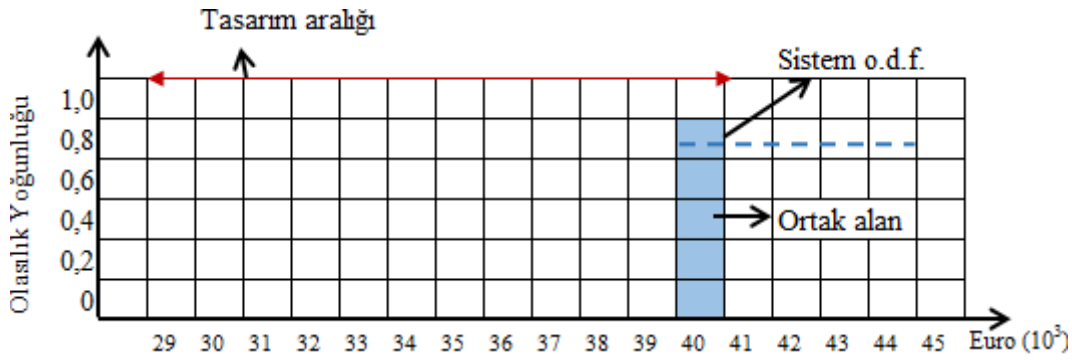
Her dört firma için elde edilen sonuçlara bakıldığında, “Fiyat” kriteri (Fİ11) için en iyi değeri minimum bilgi içeriği sıfıra eşit olduğu için TE firmasının sağladığı görülmektedir.

Maliyet ana kriterinin (Fİ1) bakım maliyeti alt kriteri (Fİ12) için tasarım aralığının 29 ile 41 ($\times 10^3$) EURO arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda AN, JO, AS ve TE firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



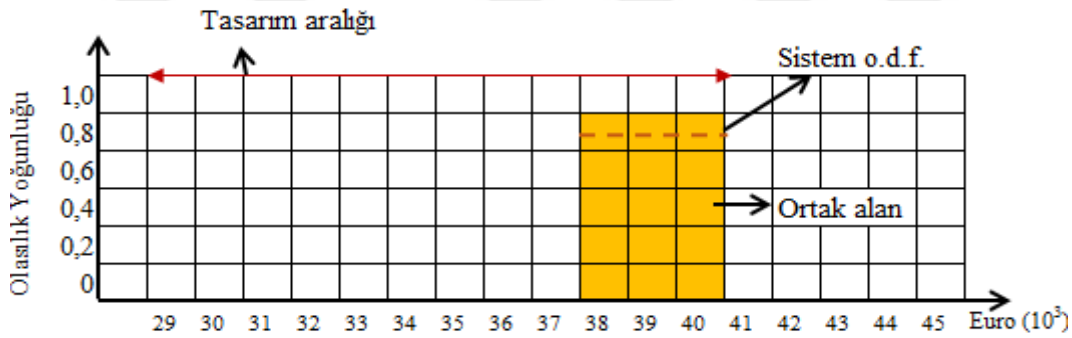
Şekil 4.7. AN firmasının bakım maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AN12} = \log_2 \left(\frac{33-30}{33-30} \right) = 0$$



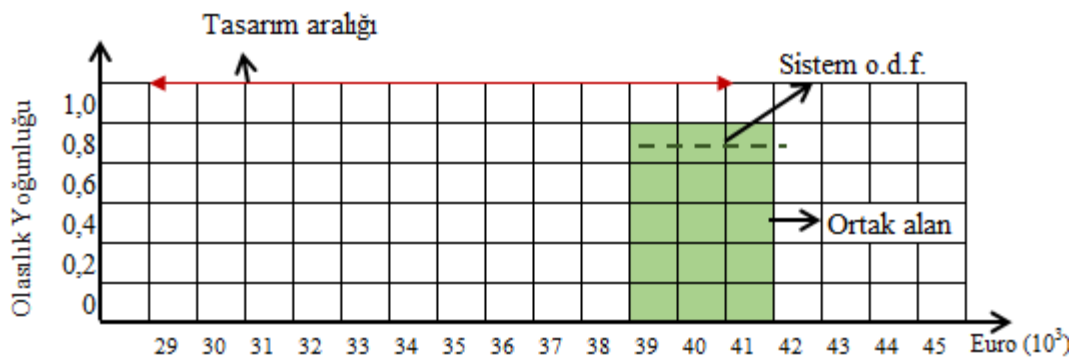
Şekil 4.8. JO firmasının bakım maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{JO12} = \log_2 \left(\frac{45-40}{41-40} \right) = 2,322$$



Şekil 4.9. AS firmasının taşıma maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AS12} = \log_2 \left(\frac{41-38}{41-38} \right) = 0$$

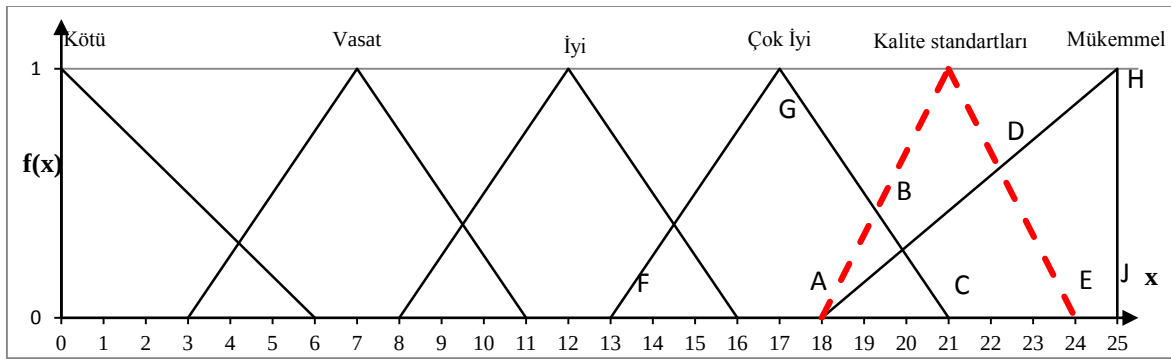


Şekil 4.10. TE firmasının taşıma maliyeti kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{TE12} = \log_2 \left(\frac{42-39}{41-39} \right) = 0,585$$

“Bakım maliyeti” kriteri (Fİ12) için elde edilen firma bilgi içerikleri incelendiğinde AN ve AS firmaları için hesaplanan bilgi içeriği değerleri eşit ve sıfır olduğundan ve JO ve TE firmalarının bilgi içeriğinden daha küçük olduğu için bu firmalar eşit olarak en iyi değeri sağlamışlardır.

Teknik Yeterlilik (Fİ2) ana kriterinin “Kalite Standartları” alt kriteri (Fİ21) 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 4.11’de firmanın “Kalite Standartları” kriteri (Fİ21) için tasarım aralığının (18,21,24) üçgensel bulanık fonksiyonuyla ifade edildiği durumda AN, JO, AS ve TE firmaları için tasarım, sistem ve ortak alanları gösterilmiştir. Fİ21 için AN ve AS firmalarının gerçekleştirdiği sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21), JO ve TE firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldıkları üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25)’dir. AN ve AS 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. JO ve TE firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı da aynı olduğu için tasarım alanı ile kesiştikleri bölge de aynı olup, ADE üçgeninin alanı bu iki firma için ortak alanı ifade etmektedir.



Şekil 4.11. AN, JO, AS ve TE firmalarının kalite standartları alt kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₂₁ Tasarım aralığı : (18,21,24)

A (18;0) B (19,3;3/7) C (21;0) D (22,3;3/5) E (24;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (21-18) * (3/7) * 1/2 = 9/14 \text{ br}^2 \text{ (AN ve AS firmaları için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right) = (24-18) * (3/5) * 1/2 = 9/5 \text{ br}^2 \text{ (JO ve TE firmaları için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{FGC}\right) = (21-13) * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2 \text{ (AN ve AS firmaları için sistem alanı)}$$

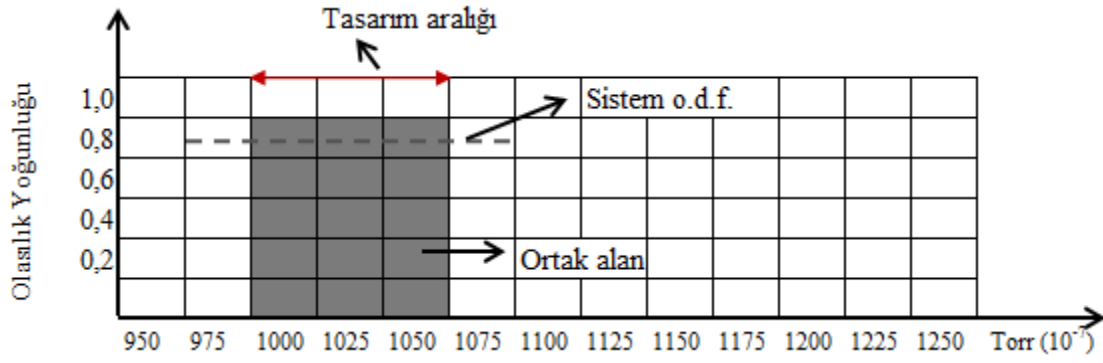
$$A\left(\overset{\Delta}{AHJ}\right) = (25-18) * 1 * 1/2 = 7/2 \text{ br}^2 \text{ (JO ve TE firmaları için sistem alanı)}$$

$$p_{AN21} = p_{AS21} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{A\left(\overset{\Delta}{FGC}\right)} = \frac{9/14}{4} = 9/56 \quad I_{AN21} = I_{AS21} = \log_2\left(\frac{56}{9}\right) = 2,637$$

$$p_{JO21} = p_{TE21} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADE}\right)}{A\left(\overset{\Delta}{AHJ}\right)} = \frac{9/5}{7/2} = 18/35 \quad I_{JO21} = I_{TE21} = \log_2\left(\frac{35}{18}\right) = 0,959$$

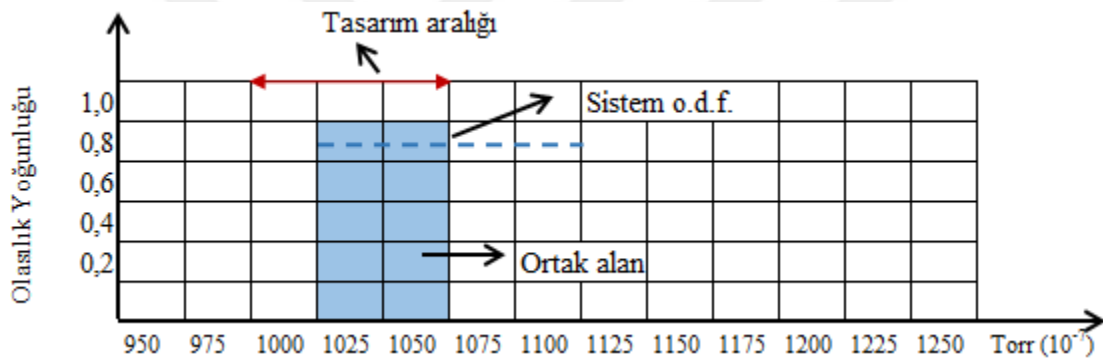
“Kalite standartları” kriteri (Fİ21) için yapılan hesaplamalar incelendiğinde JO ve TE firmalarının sistem alanı ile tasarım alanı arasında daha fazla ortak alan olduğu için JO ve TE firmaları daha küçük bilgi içeriği değerine sahiptir.

Teknik Yeterlilik (Fİ2) ana kriterinin “Operasyonel Vakum Seviyesi” alt kriteri (Fİ22) için tasarım aralığının 1000 ile 1075 Torr (10^{-7}) arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda AN, JO, AS ve TE firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de gösterilmiştir.



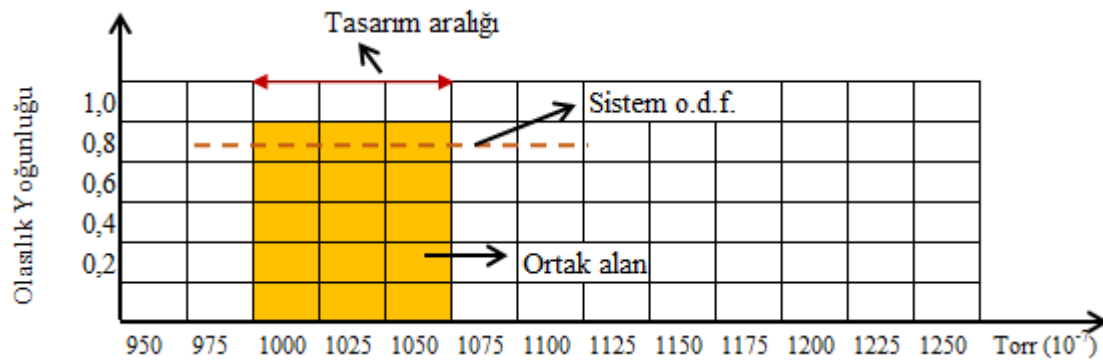
Şekil 4.12. AN firmasının operasyonel vakum seviyesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AN22} = \log_2 \left(\frac{11000 - 975}{1075 - 1000} \right) = 0,737$$



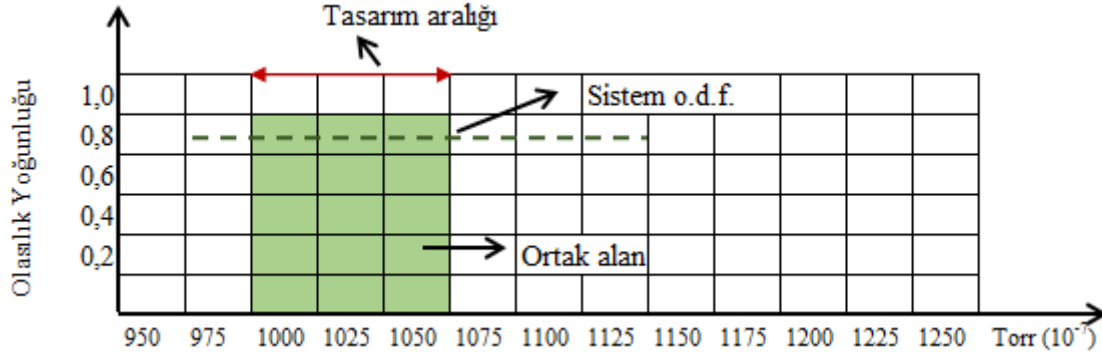
Şekil 4.13. JO firmasının operasyonel vakum seviyesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{JO22} = \log_2 \left(\frac{1125 - 1025}{1075 - 1025} \right) = 1,000$$



Şekil 4.14. AS firmasının operasyonel vakum seviyesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AS22} = \log_2 \left(\frac{1125 - 975}{1075 - 1000} \right) = 1,000$$

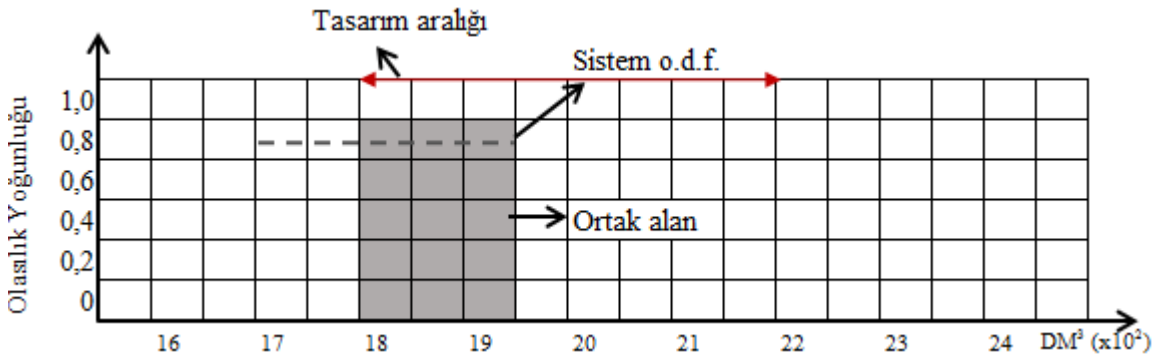


Şekil 4.15. TE firmasının operasyonel vakum seviyesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{TE22} = \log_2 \left(\frac{1150 - 975}{1075 - 1000} \right) = 1,222$$

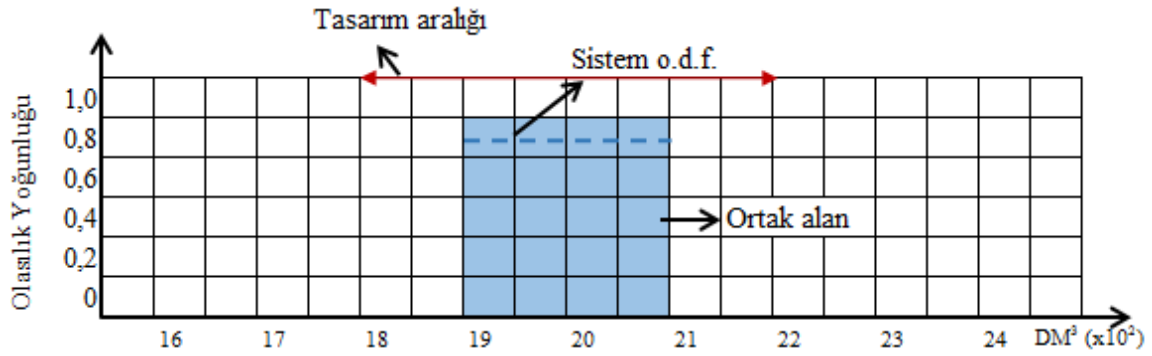
“Operasyonel vakum seviyesi” kriteri (Fİ22) için elde edilen firma bilgi içerikleri incelendiğinde JO ve AS firmaları için hesaplanan bilgi içeriği değerleri eşit, TE firmasının bilgi içeriği bunlardan daha büyük ve AN firmasının bilgi içeriği hepsinden daha küçük olduğu için en iyi değeri sağlamıştır.

Teknik Yeterlilik (Fİ2) ana kriterinin üçüncü alt birimi olan “Hacim” kriteri (Fİ23) için tasarım aralığının 1800 ile 2200 Dm^3 arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda AN, JO, AS ve TE firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



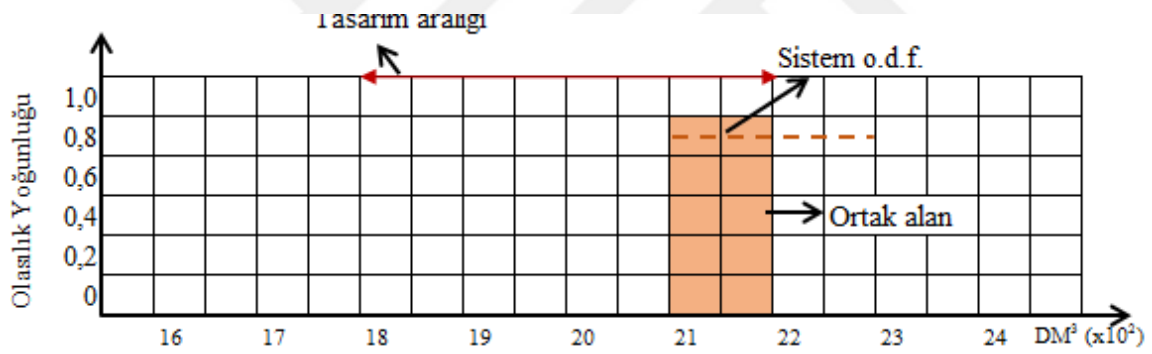
Şekil 4.16. AN firmasının hacim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AN23} = \log_2 \left(\frac{1950 - 1700}{1950 - 1800} \right) = 0,737$$



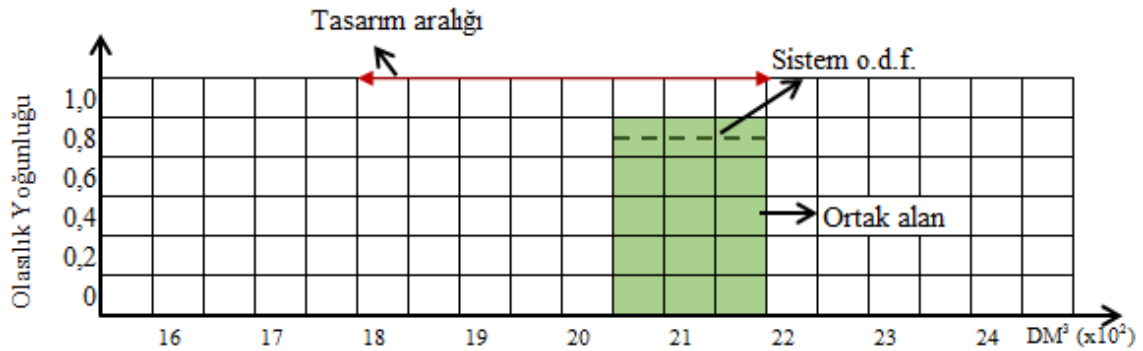
Şekil 4.17. JO firmasının hacim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{JO23} = \log_2 \left(\frac{2100 - 1900}{2100 - 1900} \right) = 0$$



Şekil 4.18. AS firmasının hacim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AS23} = \log_2 \left(\frac{2300 - 2100}{2200 - 2100} \right) = 1,000$$

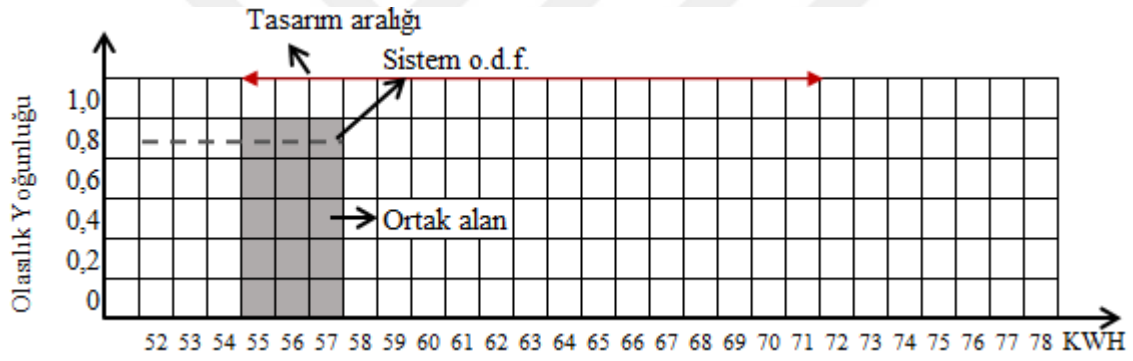


Şekil 4.19. TE firmasının hacim kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{TE23} = \log_2 \left(\frac{2200 - 2050}{2200 - 2050} \right) = 0$$

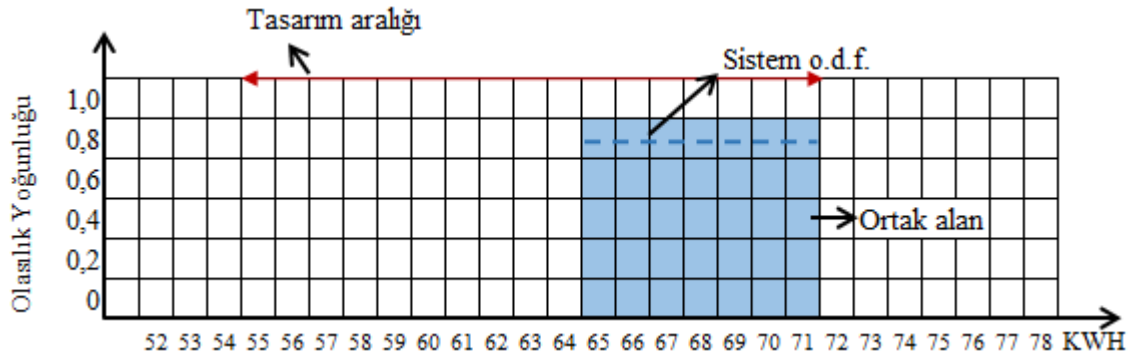
“Hacim” kriteri (Fİ23) için elde edilen firma bilgi içerikleri incelendiğinde JO ve TE firmaları için hesaplanan bilgi içeriği değerleri eşit ve sıfır, AN firmasının bilgi içeriği bunlardan daha büyük ve AS firmasının bilgi içeriği hepsinden daha büyük olduğu için JO ve TE firmaları minimum bilgi değerini sağlamıştır.

Teknik Yeterlilik (Fİ2) ana kriterinin dördüncü alt birimi olan “Elektrik Tüketimi” kriteri (Fİ24) için tasarım aralığının 55 ile 72 KWH arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda AN, JO, AS ve TE firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.20, Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



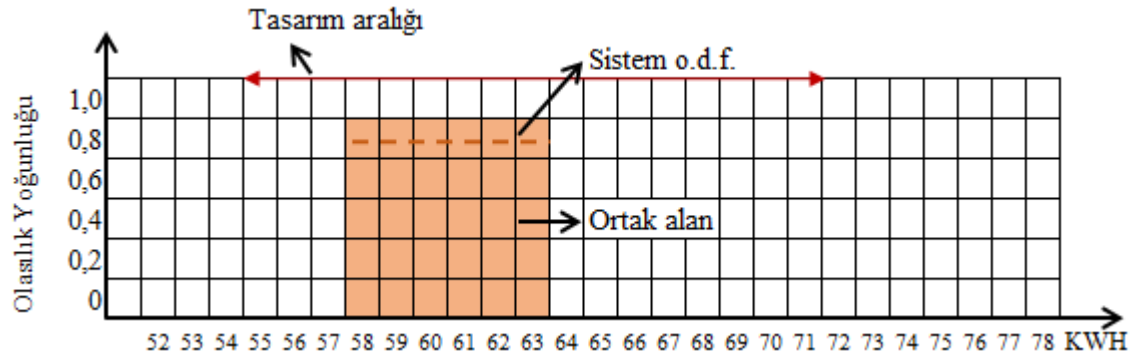
Şekil 4.20. AN firmasının elektrik tüketimi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AN24} = \log_2 \left(\frac{58 - 52}{58 - 55} \right) = 1,000$$



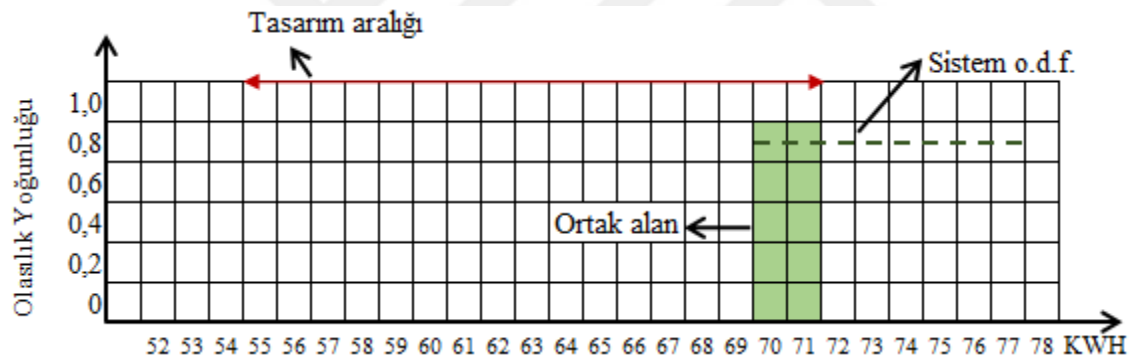
Şekil 4.21. JO firmasının elektrik tüketimi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{JO24} = \log_2 \left(\frac{72-65}{72-65} \right) = 0$$



Şekil 4.22. AS firmasının elektrik tüketimi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AS24} = \log_2 \left(\frac{64-58}{64-58} \right) = 0$$



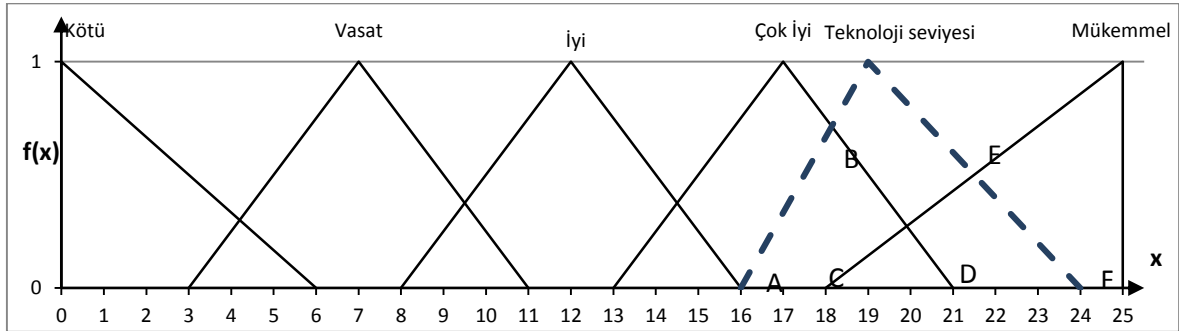
Şekil 4.23. TE firmasının elektrik tüketimi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{TE} = \log_2 \left(\frac{78-70}{72-70} \right) = 2,000$$

“Elektrik tüketimi” kriteri (Fİ24) için elde edilen firma bilgi içerikleri incelendiğinde JO ve AS firmaları için hesaplanan bilgi içeriği değerleri eşit ve sıfır, AN firmasının bilgi içeriği bunlardan daha büyük ve TE firmasının bilgi içeriği hepsinden daha büyük olduğu için JO ve AS firmaları minimum bilgi değerini sağlamıştır.

Teknik Yeterlilik ana kriterinin beşinci alt kriteri olan “Teknoloji Seviyesi” kriteri (Fİ25) için tasarım aralığının (16,19,24) üçgensel bulanık fonksiyonuyla ifade edildiği durumda AN, JO, AS ve TE firmaları için tasarım, sistem ve ortak alanları Şekil 4.24’de gösterilmiştir.

Fİ25 için AN, AS ve TE firmalarının gerçekleştirdiği sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21), JO firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25)’dir. ABD üçgeninin alanı, AN, AS ve TE firmalarının sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki kesişim bölgesi olup ortak alanı ifade etmektedir. JO firması için ortak alan CEF üçgeni ile tanımlanmaktadır.



Şekil 4.24. AN, JO, AS ve TE firmalarının teknoloji seviyesi alt kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₂₅ Tasarım Aralığı : (16,19,24)

A (16;0) B (18,15;5/7) C (18;0) D (21;0) E (21,55;1/2) F (24;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{ABD}\right) = (21-16) * (5/7) * 1/2 = 25/14 \text{ br}^2 \text{ (AN, AS ve TE firmaları için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{CEF}\right) = (24-18) * 1/2 * 1/2 = 3/2 \text{ br}^2 \text{ (JO firması için ortak alan)}$$

Sistem Alanı (AN, AS ve TE firmaları için) : $(21-13) * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2$

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

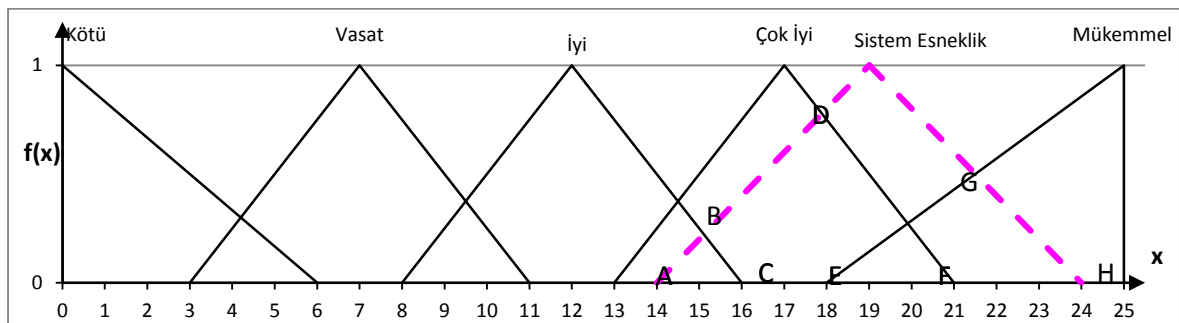
$$p_{AN25} = p_{AS25} = p_{TE25} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABD}\right)}{A\left(\overset{\Delta}{GHD}\right)} = \frac{25/14}{4} = 25/56$$

$$I_{AN25} = I_{AS25} = I_{TE25} = \log_2 (56/25) = 1,163$$

$$p_{JO25} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{CEF}\right)}{A\left(\overset{\Delta}{CJK}\right)} = \frac{3/2}{7/2} = 3/7 \quad I_{JO25} = \log_2\left(\frac{7}{3}\right) = 1,222$$

“Teknoloji seviyesi” kriteri (Fİ25) için yapılan hesaplamalar incelendiğinde AN, AS ve TE firmalarının sistem alanı ile tasarım alanı arasında daha fazla ortak alan olduğu için AN, AS ve TE firmaları daha küçük bilgi içeriği değerine sahiptir.

Teknik Yeterlilik (Fİ2) ana kriterinin altıncı alt kriteri “Sistem Esnekliği” (Fİ26) 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 4.25’de firmanın “Sistem Esnekliği” kriteri (Fİ26) için tasarım aralığının (14,19,24) üçgensel bulanık fonksiyonuyla ifade edildiği durumda AN, JO, AS ve TE firmaları için tasarım, sistem ve ortak alanları gösterilmiştir. Fİ26 için AN firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25), AS ve JO firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldıkları üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21), TE firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldıkları üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16)’dir. AN firmasının gerçekleştirdiği tasarım alanı ve sistem alanı ile kesiştikleri bölge EGH üçgeninin alanı bu firma için ortak alanı ifade etmektedir. AS ve JO firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı aynı olduğu için tasarım alanı ile kesiştikleri bölge de aynı olup, ADF üçgeninin alanı bu iki firma için ortak alanı ifade etmektedir. TE firmasının gerçekleştirdiği tasarım alanı ve sistem alanı ile kesiştikleri bölge ABC üçgeninin alanı bu firma için ortak alanı ifade etmektedir.



Şekil 4.25. AN, JO, AS ve TE firmalarının sistem esnekliği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ_{26} Tasarım aralığı : (14,19,24)

A (14;0) B (15,11;2/9) C (16;0) D (17,89;7/9) E (18;0) F (21;0) G (21,55;1/2)

$$A\left(\overset{\Delta}{EGH}\right) = (24-18) * (1/2) * 1/2 = 3/2 \text{ br}^2 \text{ (AN firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ADF}\right) = (21-14) * (7/9) * 1/2 = 49/18 \text{ br}^2 \text{ (AS ve JO firmaları için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (16-14) * (2/9) * 1/2 = 2/9 \text{ br}^2 \text{ (TE firması için ortak alan)}$$

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

$$A\left(\overset{\Delta}{LMF}\right) = (21-13) * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2 \text{ (AS ve JO firmaları için sistem alanı)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{JKC}\right) = (16-8) * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2 \text{ (TE firması için sistem alanı)}$$

$$p_{AN26} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{EGH}\right)}{A\left(\overset{\Delta}{ENO}\right)} = \frac{3/2}{7/2} = 3/7$$

$$I_{AN26} = \log_2\left(\frac{7}{3}\right) = 1,222$$

$$p_{JO26} = p_{AS26} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADF}\right)}{A\left(\overset{\Delta}{LMF}\right)} = \frac{49/8}{4} = 49/72$$

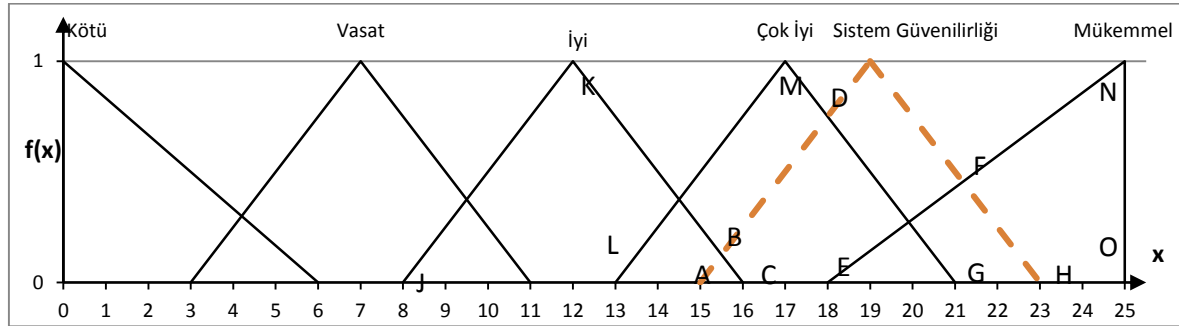
$$I_{JO26} = I_{AS26} = \log_2\left(\frac{72}{49}\right) = 0,555$$

$$p_{TE26} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{A\left(\overset{\Delta}{JKC}\right)} = \frac{2/9}{4} = 1/18$$

$$I_{TE26} = \log_2(18) = 4,170$$

“Sistem esnekliği” kriteri (Fİ_{26}) için yapılan hesaplamalar incelendiğinde JO ve AS firmalarının sistem alanı ile tasarım alanı arasında daha fazla ortak alan olduğu için JO ve AS firmaları daha küçük bilgi içeriği değerine sahiptir.

Teknik Yeterlilik (Fİ2) ana kriterinin yedinci alt kriteri “Sistem Güvenilirliği” (Fİ27) 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 4.26’da firmanın “Sistem Güvenilirliği” kriteri (Fİ27) için tasarım aralığının (15,19,23) üçgensel bulanık fonksiyonuyla ifade edildiği durumda AN, JO, AS ve TE firmaları için tasarım, sistem ve ortak alanları gösterilmiştir. Fİ27 için AN firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21), JO firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25), AS ve TE firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldıkları üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16)’dir. AN firmasının gerçekleştirdiği tasarım alanı ve sistem alanı ile kesiştikleri bölge ADG üçgeninin alanı bu firma için ortak alanı ifade etmektedir. JO firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı ve tasarım alanı ile kesiştikleri EFH üçgeninin alanı bu iki firma için ortak alanı ifade etmektedir. AS ve TE firmalarının gerçekleştirdiği tasarım alanı ve sistem alanı ile kesiştikleri bölge ABC üçgeninin alanı bu firmalar için ortak alanı ifade etmektedir.



Şekil 4.26. AN, JO, AS ve TE firmalarının sistem güvenilirliği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₂₇ Tasarım aralığı : (15,19,23)

A (15;0) B (15,5;1/8) C (16;0) D (18;3/4) E (18;0) F (21,23;4/9) G (21;0) H(23;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{ADG}\right) = (21-15) * (3/4) * 1/2 = 9/4 \text{ br}^2 \text{ (AN firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{EFH}\right) = (23-18) * (4/9) * 1/2 = 10/9 \text{ br}^2 \text{ (JO firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (16-15) * (1/8) * 1/2 = 1/16 \text{ br}^2 \text{ (AS ve TE firmaları için ortak alan)}$$

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

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

$$A\left(\overset{\Delta}{JKC}\right) = (16-8) * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2 \text{ (AS ve TE firmaları için sistem alanı)}$$

$$p_{AN27} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADG}\right)}{A\left(\overset{\Delta}{LMG}\right)} = \frac{9/4}{4} = 9/16 \quad I_{AN27} = \log_2\left(\frac{16}{9}\right) = 0,830$$

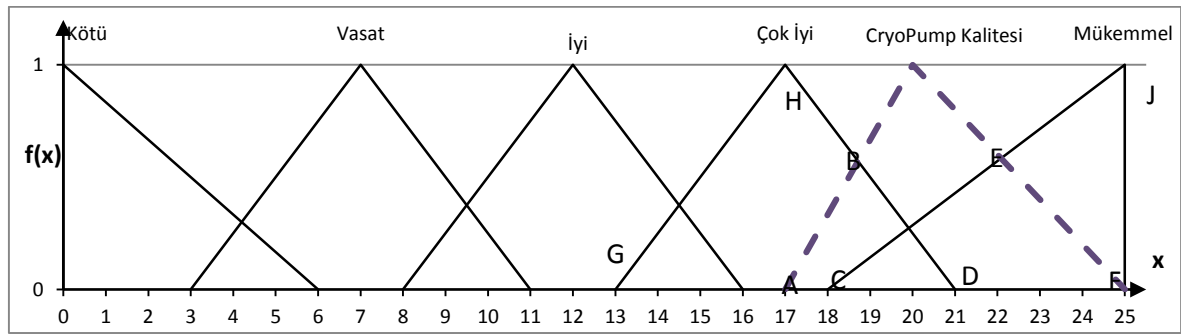
$$p_{JO27} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{EFH}\right)}{A\left(\overset{\Delta}{LMF}\right)} = \frac{10/9}{7/2} = 20/63 \quad I_{JO27} = \log_2\left(\frac{63}{20}\right) = 1,655$$

$$p_{AS27} = p_{TE27} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{A\left(\overset{\Delta}{JKC}\right)} = \frac{1/16}{4} = 1/64 \quad I_{AS27} = I_{TE27} = \log_2(64) = 6,000$$

“Sistem güvenilirliği” kriteri (Fİ27) için yapılan hesaplamalar incelendiğinde AN firmasının sistem alanı ile tasarım alanı arasında daha fazla ortak alan olduğu için en küçük bilgi içeriği değerine sahiptir.

Teknik Yeterlilik (Fİ2) ana kriterinin sekizinci alt kriteri “Cryo Pompaların Kalitesi” (Fİ28) 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 4.27’de firmanın “Cryo Pompaların Kalitesi” kriteri (Fİ28) için tasarım aralığının (17,20,25) üçgensel bulanık fonksiyonuyla ifade edildiği durumda AN, JO, AS ve TE firmaları için

tasarım, sistem ve ortak alanları gösterilmiştir. Fİ28 için AN ve AS firmalarının gerçekleştirdiği sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldıkları üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25), JO ve TE firmalarının gerçekleştirdiği sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldıkları üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21)’dir. AN ve AS firmalarının gerçekleştirdiği tasarım alanı ve sistem alanı ile kesiştikleri bölge CEF üçgeninin alanı bu iki firma için ortak alanı ifade etmektedir. JO ve TE firmalarının gerçekleştirdiği sistem alanı ve tasarım alanı ile kesiştikleri ABD üçgeninin alanı bu iki firma için ortak alanı ifade etmektedir.



Şekil 4.27. AN, JO, AS ve TE firmalarının cryo pompaların kalitesi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₂₈ Tasarım aralığı : (17,20,25)

A (17;0) B (18,72;4/7) C (18;0) D (21;0) E (22,14;4/7) F (25;0) G (21;0) H(23;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{CEF}\right) = (25-18) * (4/7) * 1/2 = 2 \text{ br}^2 \text{ (AN ve AS firmaları için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ABD}\right) = (21-17) * (4/7) * 1/2 = 8/7 \text{ br}^2 \text{ (JO ve TE firmaları için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{CJF}\right) = (25-18) * 1 * 1/2 = 7/2 \text{ br}^2 \text{ (AN ve AS firmaları için sistem alanı)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{GHD}\right) = (21-13) * 1 * 1/2 = 4 \text{ br}^2 \text{ (JO ve TE firmaları için sistem alanı)}$$

$$p_{AN28} = p_{AS28} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{CEF}\right)}{A(\overset{\Delta}{CJF})} = \frac{2}{7/2} = 4/7$$

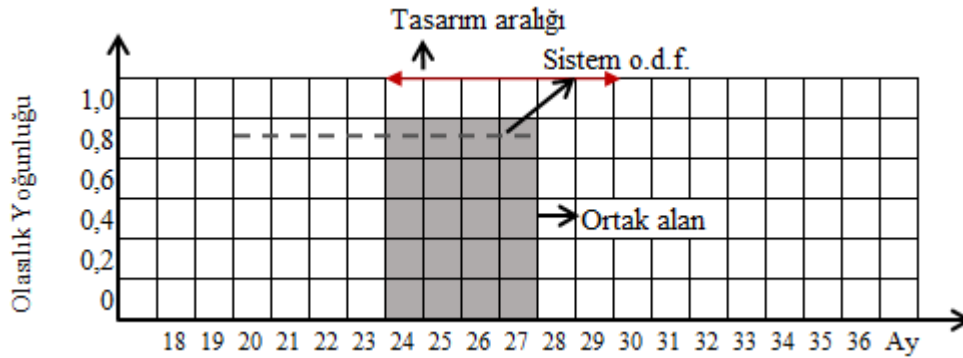
$$I_{AN28} = I_{AS28} = \log_2\left(\frac{7}{4}\right) = 0,807$$

$$p_{JO28} = p_{TE28} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABD}\right)}{A(\overset{\Delta}{GHD})} = \frac{8/7}{4} = 2/7$$

$$I_{JO28} = I_{TE28} = \log_2\left(\frac{7}{2}\right) = 1,807$$

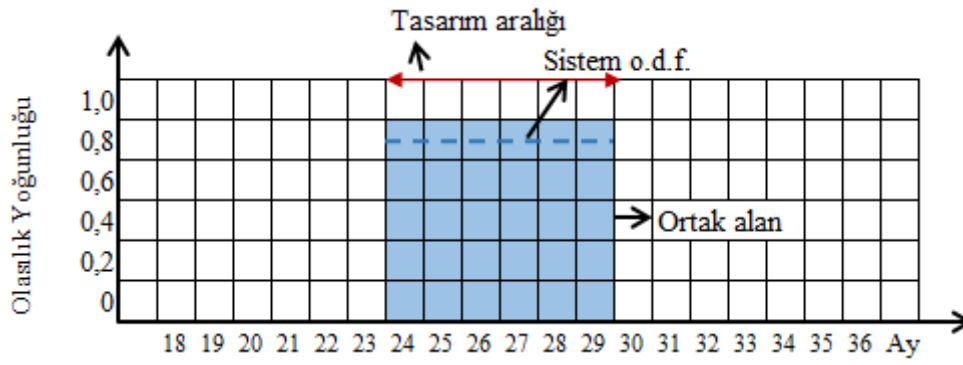
“Cryo pompaların kalitesi” kriteri (Fİ28) için yapılan hesaplamalar incelendiğinde AN ve AS firmalarının sistem alanı ile tasarım alanı arasında daha fazla ortak alan olduğu için en küçük bilgi içeriği değerine sahiptir.

Bakım onarım ana kriterinin (Fİ3) “Garanti Süresi” alt kriteri (Fİ31) için tasarım aralığının 24 ile 30 ay arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda AN, JO, AS ve TE firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.28, Şekil 4.29, Şekil 4.30 ve Şekil 4.31’de gösterilmiştir.



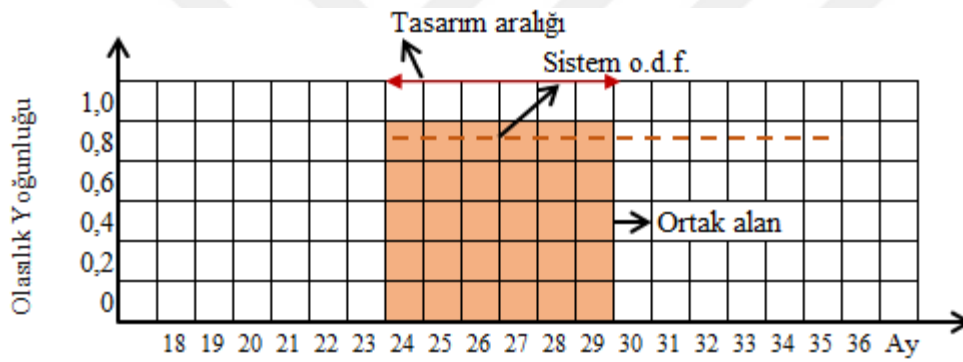
Şekil 4.28. AN firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AN31} = \log_2\left(\frac{28-20}{28-24}\right) = 1,000$$



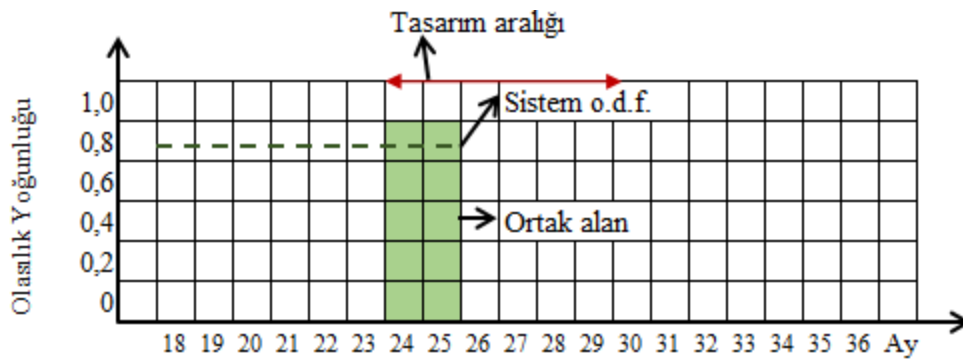
Şekil 4.29. JO firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{JO31} = \log_2 \left(\frac{30 - 24}{30 - 24} \right) = 0$$



Şekil 4.30. AS firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AS31} = \log_2 \left(\frac{36 - 24}{30 - 24} \right) = 1,000$$



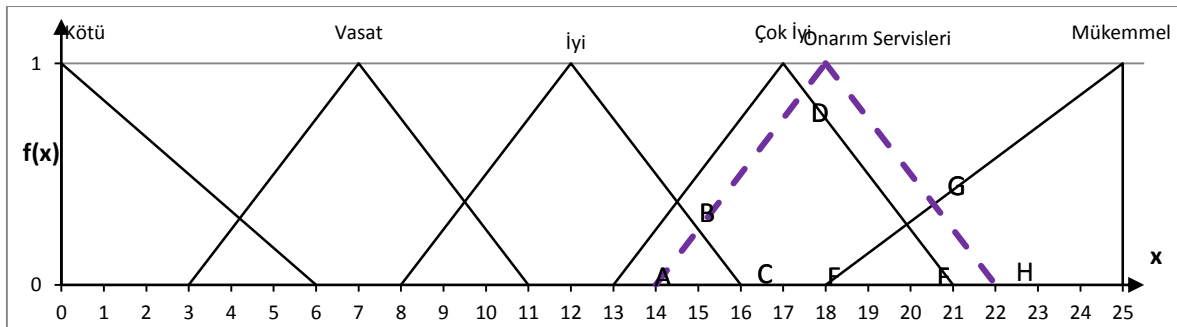
Şekil 4.31. TE firmasının garanti süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{TE31} = \log_2 \left(\frac{26-18}{26-24} \right) = 2,000$$

“Garanti süresi” kriteri (Fİ31) için elde edilen firma bilgi içerikleri incelendiğinde AN ve AS firmaları için hesaplanan bilgi içeriği değerleri eşit, TE firmasının bilgi içeriği daha büyük ve JO firması için hesaplanan bilgi içeriği değeri sıfır olduğundan en iyi değeri sağlamıştır.

Bakım onarım (Fİ3) ana kriterinin ikinci alt kriteri “Onarım Servisleri” (Fİ32) 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 4.32’de firmanın “Onarım Servisleri” kriteri (Fİ32) için tasarım aralığının (14,18,22) üçgensel bulanık fonksiyonuyla ifade edildiği durumda AN, JO, AS ve TE firmaları için tasarım, sistem ve ortak alanları gösterilmiştir. Fİ32 için AN firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21), JO ve AS firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldıkları üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25), TE firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16) ’dir. AN firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı ve tasarım alanı ile kesiştikleri bölge, ADF üçgeninin alanı, ortak alanı ifade etmektedir. JO ve AS firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı da aynı olduğu için tasarım alanı ile kesiştikleri bölge de aynı olup, EGH üçgeninin alanı bu iki firma için ortak alanı ifade etmektedir. TE firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı ve tasarım alanı ile kesiştikleri bölge, ABC üçgeninin alanı, ortak alanı ifade etmektedir.



Şekil 4.32. AN, JO, AS ve TE firmalarının onarım servisleri alt kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₃₂ Tasarım Aralığı : (14,18,22)

A (14;0) B (15;1/4) C (16;0) D (17,5;7/8) E (18;0) F (21;0) G (20,59;1/3) H (22,0)

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

$$A\left(\overset{\Delta}{EGH}\right) = (22-18) * 1/2 * 1/3 = 2/3 \text{ br}^2 \text{ (JO ve AS firmaları için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (16-14) * (1/4) * 1/2 = 1/4 \text{ br}^2 \text{ (TE firması için ortak alan)}$$

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

Sistem Alanı (JO ve AS firmaları İçin) : $7 * 1 * 1/2 = 7/2 \text{ br}^2$

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

$$P_{TE32} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı TE}} = \frac{1/4}{4} = 1/16 \quad I_{TE32} = \log_2(16) = 4,000$$

$$P_{JO32} = P_{AS32} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{EGH}\right)}{\text{Sistem Alanı JO,AS}} = \frac{2/3}{7/2} = 4/21 \quad I_{JO32} = I_{AS32} = \log_2\left(\frac{21}{4}\right) = 2,392$$

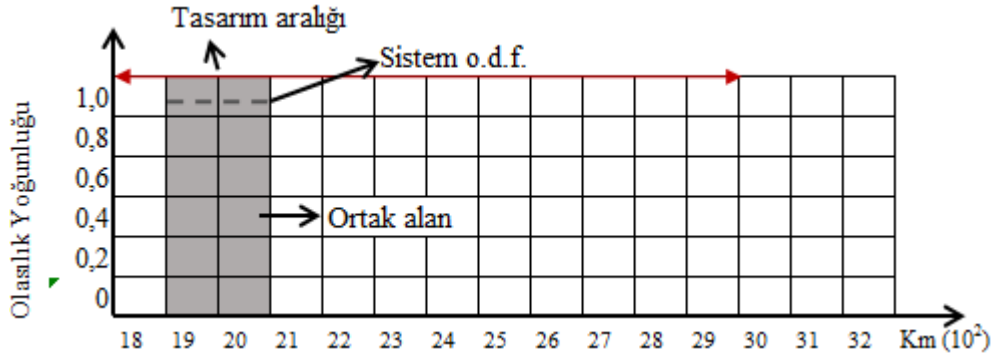
$$P_{AN32} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ADF}\right)}{\text{Sistem Alanı AN}} = \frac{49/16}{4} = 49/64$$

$$I_{AN32} = \log_2(64/49) = 0,385$$

“Onarım servisleri” kriteri (Fİ₃₂) için yapılan hesaplamalar incelendiğinde AN firmasının sistem alanı ile tasarım alanı arasında daha fazla ortak alan olduğu için AN firması daha küçük bilgi içeriği değerine sahiptir. Yani AN firması bu kriteri daha iyi şekilde sağlamıştır.

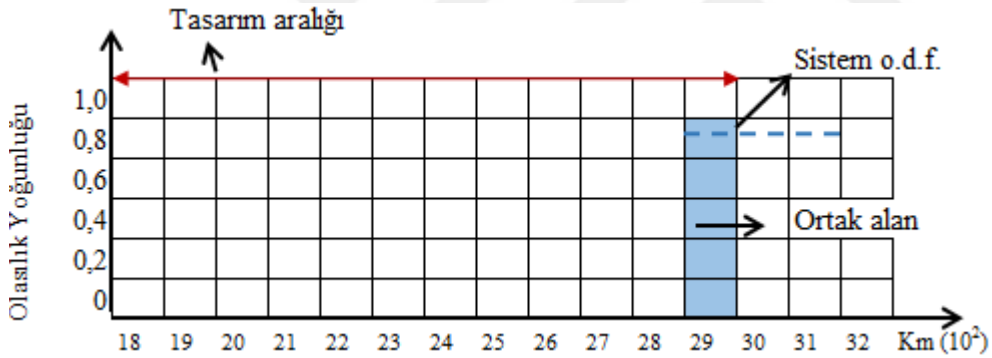
Bakım onarım ana kriterinin (Fİ₃) “Coğrafi Konum” alt kriteri (Fİ₃₃) için tasarım aralığının 1800 ile 3000 KM arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda AN, JO, AS ve TE

firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.33, Şekil 4.34, Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'da gösterilmiştir.



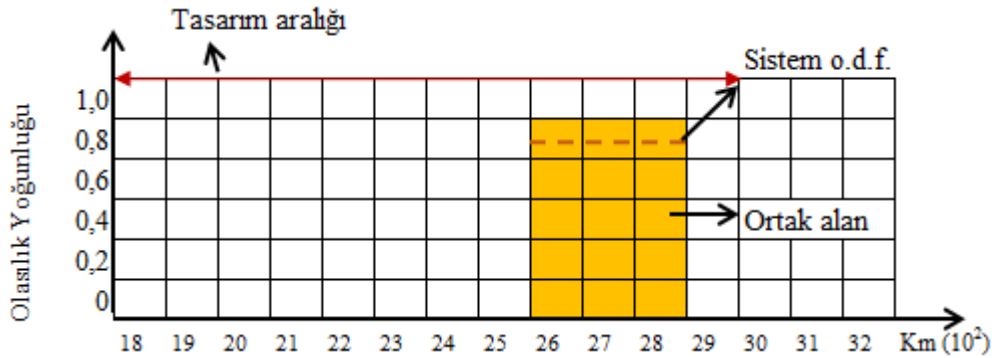
Şekil 4.33. AN firmasının coğrafi konum kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AN33} = \log_2 \left(\frac{21-19}{21-19} \right) = 0$$



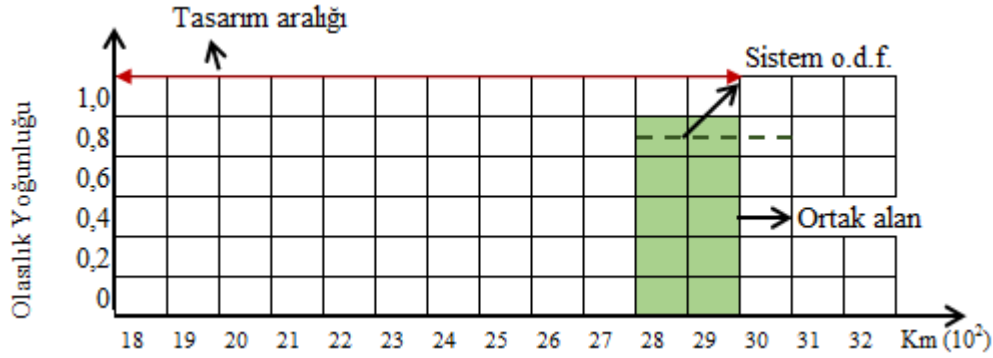
Şekil 4.34. JO firmasının coğrafi konum kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{JO33} = \log_2 \left(\frac{32-29}{30-29} \right) = 1,585$$



Şekil 4.35. AS firmasının coğrafi konum kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AS33} = \log_2 \left(\frac{28-26}{28-26} \right) = 0$$



Şekil 4.36. TE firmasının coğrafi konum kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{TE33} = \log_2 \left(\frac{31-28}{30-28} \right) = 0,585$$

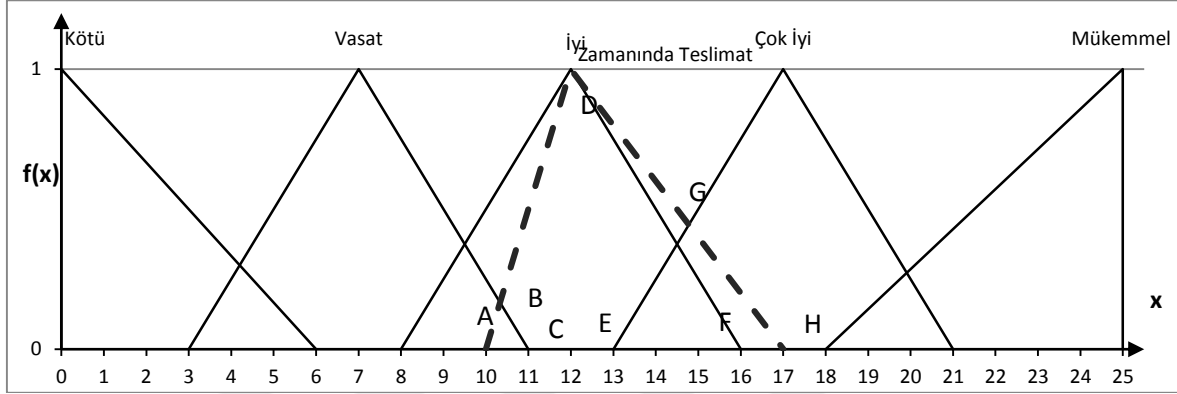
“Coğrafi konum” kriteri (Fİ33) için elde edilen firma bilgi içerikleri incelendiğinde en küçük bilgi içeriği değeri AN ve AS firmalarına ait olduğu için, bu kriter için en iyi değeri AN ve AS firmaları sağlamıştır.

Teslimat (Fİ4) ana kriterinin alt kriteri “Zamanında Teslimat” (Fİ41) 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 4.37’de firmanın “Zamanında Teslimat” kriteri (Fİ41) için tasarım aralığının (10,12,17) üçgensel bulanık fonksiyonuyla ifade edildiği durumda AN, JO, AS ve TE firmaları için tasarım, sistem ve ortak alanları gösterilmiştir. Fİ41 için AN firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “vasat” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (3,7,11), JO ve TE firmalarının gerçekleştirdikleri sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilirken aldıkları üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (13,17,21), AS firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16) ’dir.

AN firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı ve tasarım alanı ile kesiştikleri bölge, ABC üçgeninin alanı, ortak alanı ifade etmektedir. JO ve TE firmalarının gerçekleştirdikleri sistem

alanı da aynı olduğu için tasarım alanı ile kesiştikleri bölge de aynı olup, EGH üçgeninin alanı, bu iki firma için ortak alanı ifade etmektedir.

AS firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı ve tasarım alanı ile kesiştikleri bölge, ADF üçgeninin alanı, ortak alanı ifade etmektedir.



Şekil 4.37. AN, JO, AS ve TE firmalarının zamanında teslimat alt kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ41 Tasarım Aralığı : (10,12,17)

A (10;0) B (10,33;1/6) C (11;0) D (12;0) E (13;0) F (16;0) G (14,78;4/9) H (17,0)

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (11-10) * (1/6) * 1/2 = 1/12 \text{ br}^2 \text{ (AN firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ADF}\right) = (16-11) * (1) * 1/2 = 5/2 \text{ br}^2 \text{ (AS firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{EGH}\right) = (17-11) * (4/9) * 1/2 = 4/3 \text{ br}^2 \text{ (JO ve TE firmaları için ortak alan)}$$

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

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

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

$$P_{AN41} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı AN}} = \frac{1/12}{4} = 1/48$$

$$I_{AN41} = \log_2(48) = 5,585$$

$$p_{JO41} = p_{TE41} = \frac{A(\overset{\Delta}{EGH})}{\text{Sistem Alanı JO,TE}} = \frac{4/3}{4} = 1/3$$

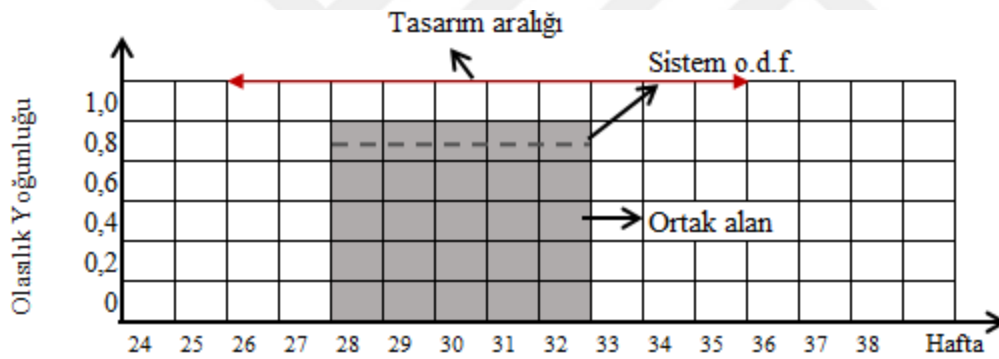
$$I_{JO41} = I_{TE41} = \log_2(3) = 1,585$$

$$p_{AS41} = \frac{A(\overset{\Delta}{ADF})}{\text{Sistem Alanı AS}} = \frac{5/2}{4} = 5/8$$

$$I_{AS41} = \log_2(8/5) = 0,678$$

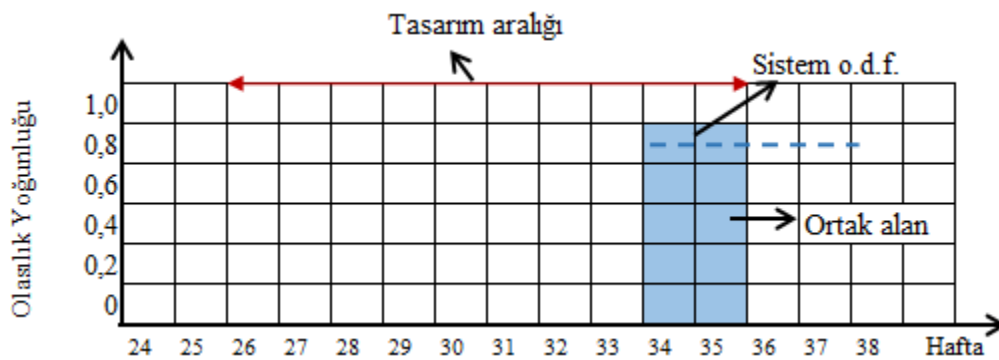
Firmalar için elde edilen bilgi içeriği değerleri incelendiğinde minimum bilgi içeriği değerini AS firması sağlamıştır.

Teslimat (Fİ4) ana kriterinin ikinci alt kriteri “Teslimat Süresi” (Fİ42) için tasarım aralığının 26 ile 36 hafta arasında uniform dağılıma sahip olduğu durumda AN, JO, AS ve TE firmalarına ait sistem, tasarım ve ortak aralıkları sırasıyla Şekil 4.38, Şekil 4.39, Şekil 4.40 ve Şekil 4.41’de gösterilmiştir.



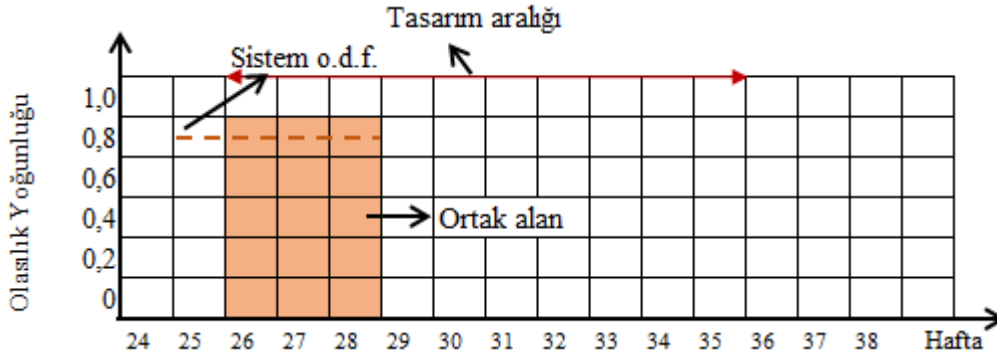
Şekil 4.38. AN firmasının teslimat süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AN42} = \log_2\left(\frac{32-28}{32-28}\right) = 0$$



Şekil 4.39. JO firmasının teslimat süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{JO42} = \log_2 \left(\frac{38-34}{36-34} \right) = 1,000$$



Şekil 4.40. AS firmasının teslimat süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{AS42} = \log_2 \left(\frac{29-25}{29-26} \right) = 0,415$$



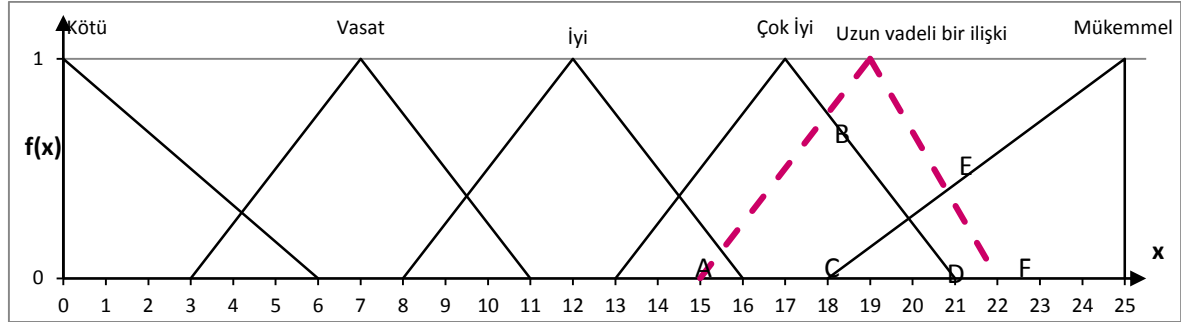
Şekil 4.41. TE firmasının teslimat süresi kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

$$I_{TE42} = \log_2 \left(\frac{33-29}{33-29} \right) = 0$$

“Teslimat süresi” kriteri (Fİ42) için elde edilen firma bilgi içerikleri incelendiğinde en küçük bilgi içeriği değeri AN ve TE firmalarına ait olduğu için, bu kriter için en iyi değeri AN ve TE firmaları sağlamıştır.

İş ilişkileri ana kriterinin (Fİ5) birinci alt kriteri “Uzun vadeli bir ilişki” (Fİ51) için tasarım aralığının (15,19,22) üçgensel bulanık sayısı ile ifade edildiği durumda, AN, JO, AS ve TE firmaları için sistem, tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.42’de gösterilmiştir.

Fİ51 için AN firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25)’dir. JO, AS ve TE firmalarının sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilir ve (13,17,21) üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri ile tanımlanır. CEF üçgeninin alanı, AN firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanı ifade eder. ABD üçgeninin alanı ise, JO, AS ve TE firmaları için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanını ifade eder.



Şekil 4.42. AN, JO, AS ve TE firmalarının uzun vadeli bir ilişki kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₅₁ Tasarım Aralığı : (15,19,22)

A (15;0) B (18;3/4) C (18;0) D (21;0) E (20,85;2/5) F (22;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{CEF}\right) = (22-18)*(2/5)*1/2 = 4/5 \text{ br}^2 \text{ (AN firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ABD}\right) = (21-15)*(3/4)*1/2 = 9/4 \text{ br}^2 \text{ (JO, AS ve TE firmaları için ortak alan)}$$

Sistem Alanı AN firması için = 7/2 br²

Sistem Alanı JO, AS ve TE firmaları için = 4 br²

$$P_{AN51} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{CEF}\right)}{\text{Sistem Alanı AN}} = \frac{4/5}{7/2} = 8/35$$

$$I_{AN51} = \log_2(35/8) = 2,129$$

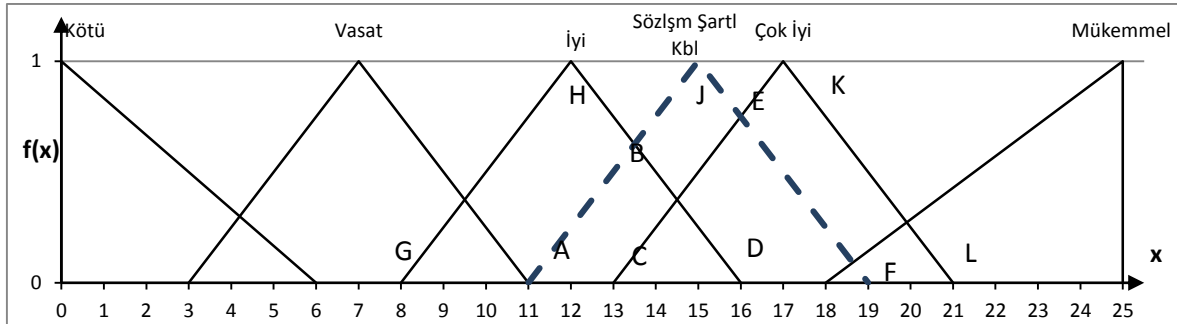
$$P_{JO51} = P_{AS51} = P_{TE51} = \frac{A(\triangle ABD)}{\text{Sistem Alanı JO,AS,TE}} = \frac{9/4}{4} = 9/16$$

$$I_{JO51} = I_{AS51} = I_{TE51} = \log_2 \left(\frac{16}{9} \right) = 0,830$$

Firmalar için elde edilen bilgi içeriği değerleri incelendiğinde uzun vadeli bir ilişki kriteri için minimum bilgi içeriği değerini JO, AS ve TE firmaları sağlamıştır.

İş ilişkileri ana kriterinin (Fİ5) ikinci alt kriteri “Sözleşme Şartlarının Kabulü” (Fİ52) için tasarım aralığının (11,15,19) üçgensel bulanık sayısıyla ifade edildiği durumda, AN, JO, AS ve TE firmaları için sistem, tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.43’de gösterilmiştir.

Fİ52 için AN firmasının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16)’dır. JO, AS ve TE firmalarının sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilir ve (13,17,21) üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri ile tanımlanır. ABD üçgeninin alanı, AN firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanı ifade eder. CEF üçgeninin alanı ise, JO, AS ve TE firmaları için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanını ifade eder.



Şekil 4.43. AN, JO, AS ve TE firmalarının sözleşme şartlarının kabulü kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ52 Tasarım Aralığı : (11,15,19)

A (11;0) B (13,5;5/8) C (13;0) D (16;0) E (16;3/4) F (19;0)

$$A(\triangle ABD) = (16-11) \cdot (5/8) \cdot 1/2 = 25/16 \text{ br}^2 \text{ (AN firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{CEF}\right) = (19-13)*(3/4)*1/2 = 9/4 \text{ br}^2 \text{ (JO, AS ve TE firmaları için ortak alan)}$$

Sistem Alanı AN firması için = 4 br²

Sistem Alanı JO, AS ve TE firmaları için = 4 br²

$$p_{AN52} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABD}\right)}{\text{Sistem Alanı AN}} = \frac{25/16}{4} = 25/64 \quad I_{AN52} = \log_2(64/25) = 1,356$$

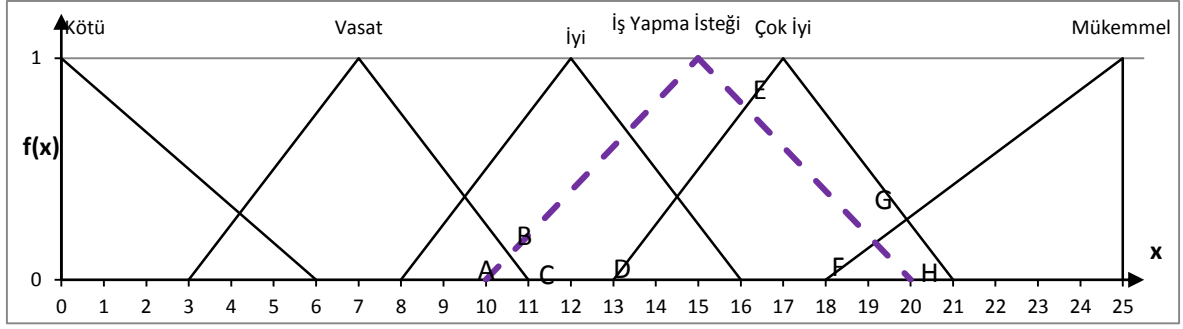
$$p_{JO52} = p_{AS52} = p_{TE52} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{CEF}\right)}{\text{Sistem Alanı JO,AS,TE}} = \frac{9/4}{4} = 9/16$$

$$I_{JO52} = I_{AS52} = I_{TE52} = \log_2\left(\frac{16}{9}\right) = 0,830$$

Firmalar için elde edilen bilgi içeriği değerleri incelendiğinde sözleşme şartlarının kabulü kriteri için minimum bilgi içeriği değerini JO, AS ve TE firmaları sağlamıştır.

İş ilişkileri ana kriterinin (Fİ5) üçüncü alt kriteri “İş Yapma İsteği” (Fİ53) için tasarım aralığının (10,15,20) üçgensel bulanık sayısıyla ifade edildiği durumda, AN, JO, AS ve TE firmaları için sistem, tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.44’de gösterilmiştir.

Fİ53 için AN ve JO firmalarının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (18,25,25)’dir. AS firmasının sistem alanı “vasat” ile ifade edilir ve (3,7,11) üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri ile tanımlanır. TE firmasının sistem alanı “çok iyi” ile ifade edilir ve (13,17,21) üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri ile tanımlanır. FGH üçgeninin alanı, AN ve JO firmaları için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanı ifade eder. ABC üçgeninin alanı, AS firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanı ifade eder. DEH üçgeninin alanı ise, TE firması için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanını ifade eder.



Şekil 4.44. AN, JO, AS ve TE firmalarının iş yapma isteği kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₅₃ Tasarım Aralığı : (10,15,20)

A (10;0) B (11,88;3/8) C (11;0) D (13;0) E (16,11;7/9) F (18;0) G(19,21;1/6) H(20,0)

$$A\left(\overset{\Delta}{FGH}\right) = (20-18) \cdot (1/6) \cdot 1/2 = 1/6 \text{ br}^2 \text{ (AN ve JO firmaları için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (11-10) \cdot (3/8) \cdot 1/2 = 3/16 \text{ br}^2 \text{ (AS firması için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{DEH}\right) = (20-13) \cdot (7/9) \cdot 1/2 = 49/18 \text{ br}^2 \text{ (TE firması için ortak alan)}$$

Sistem Alanı AN ve JO firmaları için = $(25-18) \cdot 1 \cdot 1/2 = 7/2 \text{ br}^2$

Sistem Alanı AS firması için = $(11-3) \cdot 1 \cdot 1/2 = 4 \text{ br}^2$

Sistem Alanı TE firması için = $(21-13) \cdot 1 \cdot 1/2 = 4 \text{ br}^2$

$$P_{AN53} = P_{JO53} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{FGH}\right)}{\text{Sistem Alanı AN,JO}} = \frac{1/6}{7/2} = 1/21$$

$$I_{AN53} = I_{JO53} = \log_2(21) = 4,392$$

$$P_{AS53} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı AT}} = \frac{3/16}{4} = 3/64$$

$$I_{AS53} = \log_2(64/3) = 4,415$$

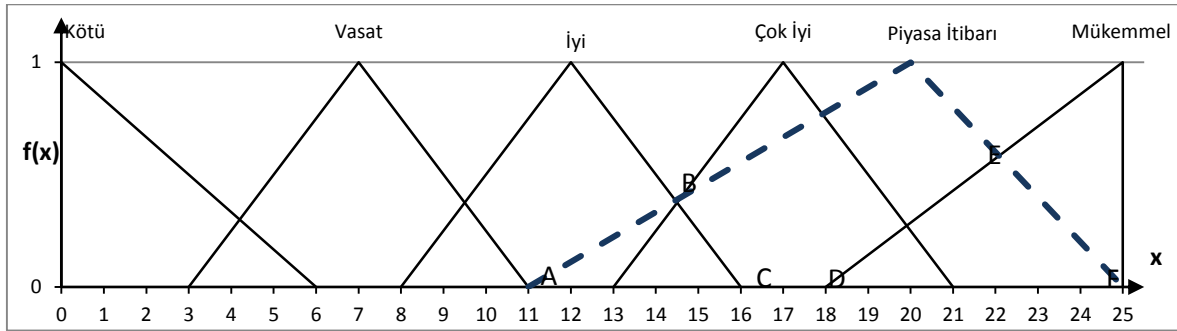
$$p_{TE53} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{DEH}\right)}{\text{Sistem Alanı TE}} = \frac{49/18}{4} = 49/72$$

$$I_{TE53} = \log_2(72/49) = 0,555$$

Firmalar için elde edilen bilgi içeriği değerleri incelendiğinde iş yapma isteği kriteri için minimum bilgi içeriği değerini TE firması sağlamıştır.

İş ilişkileri ana kriterinin (Fİ5) dördüncü alt kriteri “Piyasa İtibarı” (Fİ54) için tasarım aralığının (11,20,25) üçgensel bulanık sayısıyla ifade edildiği durumda, AN, JO, AS ve TE firmaları için sistem, tasarım ve ortak alanlar Şekil 4.45’de gösterilmiştir.

Fİ54 için AN ve AS firmalarının gerçekleştirdiği sistem alanı “iyi” ile ifade edilirken aldığı üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri (8,12,16)’dır. JO ve TE firmalarının sistem alanı “mükemmel” ile ifade edilir ve (18,25,25) üçgensel bulanık üyelik fonksiyon değeri ile tanımlanır. ABC üçgeninin alanı, AN ve AS firmaları için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanı ifade eder. DEF üçgeninin alanı ise, JO ve TE firmaları için sistem alanı ile tasarım alanı arasındaki ortak alanını ifade eder.



Şekil 4.45. AN, JO, AS ve TE firmalarının piyasa itibarı kriteri için sistem, tasarım ve ortak aralıkları

Fİ₅₄ Tasarım Aralığı : (10,15,20)

A (11;0) B (14,47;3/8) C (16;0) D (18;0) E (22,14;4/7) F (25;0)

$$A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right) = (16-11)*(3/8)*1/2 = 15/16 \text{ br}^2 \text{ (AN ve AS firmaları için ortak alan)}$$

$$A\left(\overset{\Delta}{DEF}\right) = (25-18) \cdot (4/7) \cdot 1/2 = 2 \text{ br}^2 \text{ (JO ve TE firmaları için ortak alan)}$$

$$\text{Sistem Alanı AN ve AS firmaları için} = (16-8) \cdot 1 \cdot 1/2 = 4 \text{ br}^2$$

$$\text{Sistem Alanı JO ve TE firmaları için} = (25-18) \cdot 1 \cdot 1/2 = 7/2 \text{ br}^2$$

$$P_{AN54} = P_{AS54} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{ABC}\right)}{\text{Sistem Alanı AN,AS}} = \frac{15/16}{4} = 15/64$$

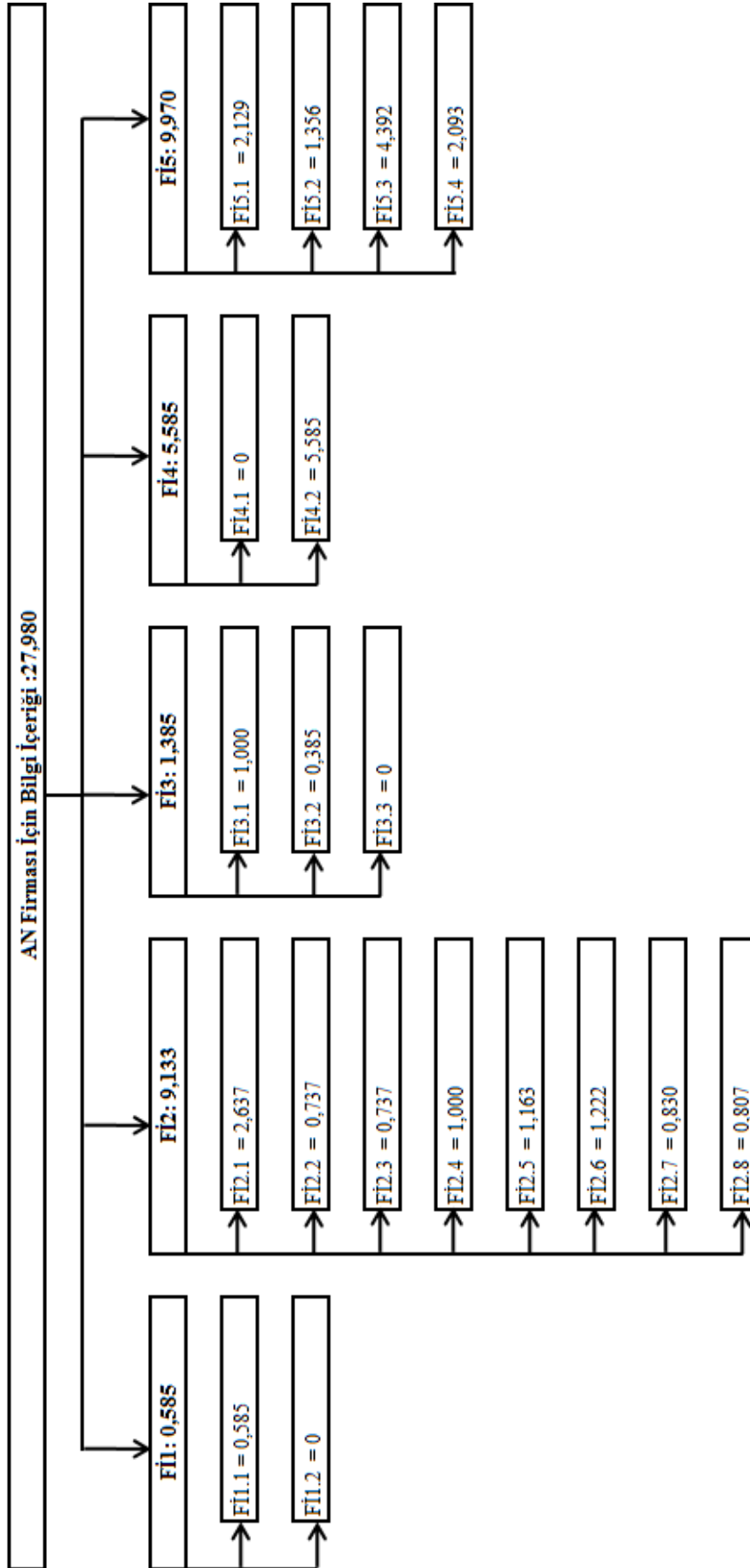
$$I_{AN54} = I_{AS54} = \log_2(64/15) = 2,093$$

$$P_{JO54} = P_{TE54} = \frac{A\left(\overset{\Delta}{DEF}\right)}{\text{Sistem Alanı JO,TE}} = \frac{2}{7/2} = 4/7 \quad I_{JO54} = I_{TE54} = \log_2(7/4) = 0,807$$

Her 4 firma için elde edilen sonuçlar incelendiğinde “Piyasa İtibarı” kriteri için JO ve TE firmaları minimum bilgi içeriğine sahiptir ve diğer firmalara göre daha iyi konumdadırlar.

4.2.1. AN firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması

Bölüm 4.2 de Eş.3.3 ve Eş.3.10 kullanılarak AN firması için daha fazla alt birime ayrıştırılamayan her Fİ için hesaplanan bilgi içerikleri Eş.3.9’dan yararlanılarak toplanır ve AN firması için toplam bilgi içeriği değeri elde edilir. AN firması için fonksiyonel ihtiyaçlar ve alt birimler için elde edilen bilgi içeriği değerleri hiyerarşik olarak Şekil 4.46 da gösterilmiştir.



Şekil 4.46. AN firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi

AN firmasının Fİ1 (Maliyet) için bilgi içeriği Bölüm 4.2 de bulunan bilgi içeriği değerleri kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$I_{AN11} = 0,585$$

$$I_{AN12} = 0$$

$$I_{AN1} = I_{AN11} + I_{AN12} = 0,585 + 0 = 0,585$$

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

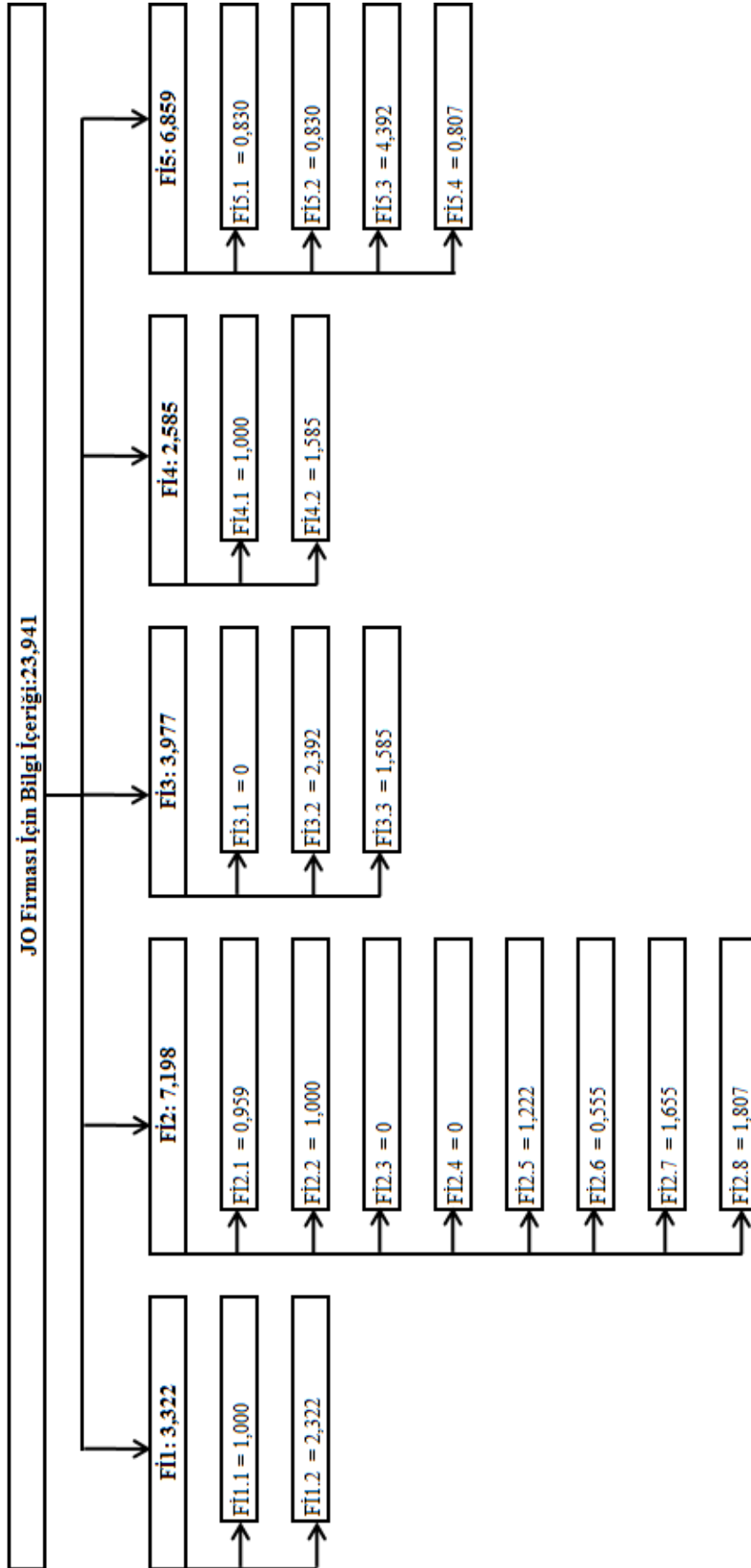
$$I_{AN0} = I_{AN1} + I_{AN2} + I_{AN3} + I_{AN4} + I_{AN5}$$

$$I_{AN0} = 0,585 + 9,133 + 1,385 + 5,585 + 9,970$$

$$I_{AN0} = 26,658$$

4.2.2. JO firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması

AN firmasında olduğu gibi Bölüm 4.2’de JO firması için daha fazla alt birime ayrıştırılamayan her Fİ için hesaplanan bilgi içerikleri Eş.3.9’dan toplanarak JO firması için toplam bilgi içeriği değeri elde edilir. JO firması için fonksiyonel ihtiyaçlar ve alt birimleri için elde edilen bilgi içeriği değerleri hiyerarşik olarak Şekil 4.47 de gösterilmiştir.



Şekil 4.47. JO firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi

JO firmasının Fİ2 (Teknik Yeterlilik) için bilgi içeriği Bölüm 4.2 de bulunan bilgi içeriği değerleri kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$I_{JO21} = 0,959 \quad I_{JO22} = 1,000 \quad I_{JO23} = 0 \quad I_{JO24} = 0 \quad I_{JO25} = 1,222 \quad I_{JO26} = 0,555 \quad I_{JO27} = 1,655$$

$$I_{JO28} = 1,807$$

$$I_{JO2} = I_{JO21} + I_{JO22} + I_{JO23} + I_{JO24} + I_{JO25} + I_{JO26} + I_{JO27} + I_{JO28}$$

$$= 0,959 + 1,000 + 0 + 0 + 1,222 + 0,555 + 1,655 + 1,807 = 7,198$$

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

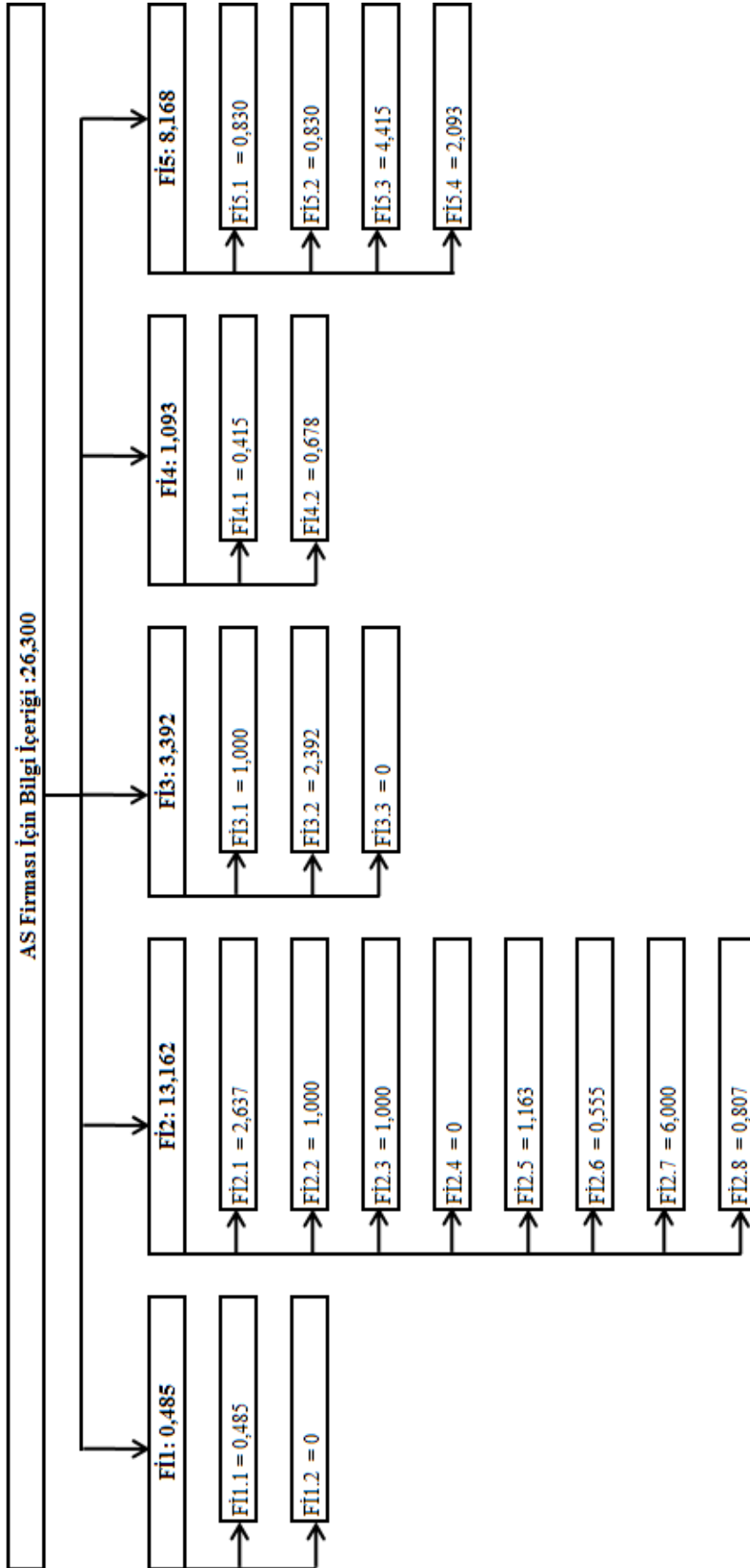
$$I_{JO0} = I_{JO1} + I_{JO2} + I_{JO3} + I_{JO4} + I_{JO5}$$

$$I_{JO0} = 3,322 + 7,198 + 3,977 + 2,585 + 6,859$$

$$I_{JO0} = 23,941$$

4.2.3. AS firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması

Bölüm 4.2’de AS firması için daha fazla alt birime ayrıştırılamayan her Fİ için hesaplanan bilgi içerikleri Eş.3.9’a göre toplanır ve AS firması için toplam bilgi içeriği değeri elde edilir. AS firması için fonksiyonel ihtiyaçlar ve alt birimleri için elde edilen bilgi içeriği değerleri hiyerarşik olarak Şekil 4.48 de gösterilmiştir.



Şekil 4.48. AS firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi

AS firmasının Fİ3 ve Fİ4 (Bakım Onarım ve Teslimat) için bilgi içeriği Bölüm 4.2 de bulunan bilgi içeriği değerleri kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$I_{AS31} = 1,000$$

$$I_{AS32} = 2,392$$

$$I_{AS33} = 0$$

$$I_{AS3} = I_{AS31} + I_{AS32} + I_{AS33} = 3,392$$

$$I_{AS41} = 0,415$$

$$I_{AS42} = 0,678$$

$$I_{AS4} = I_{AS41} + I_{AS42} = 1,093$$

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

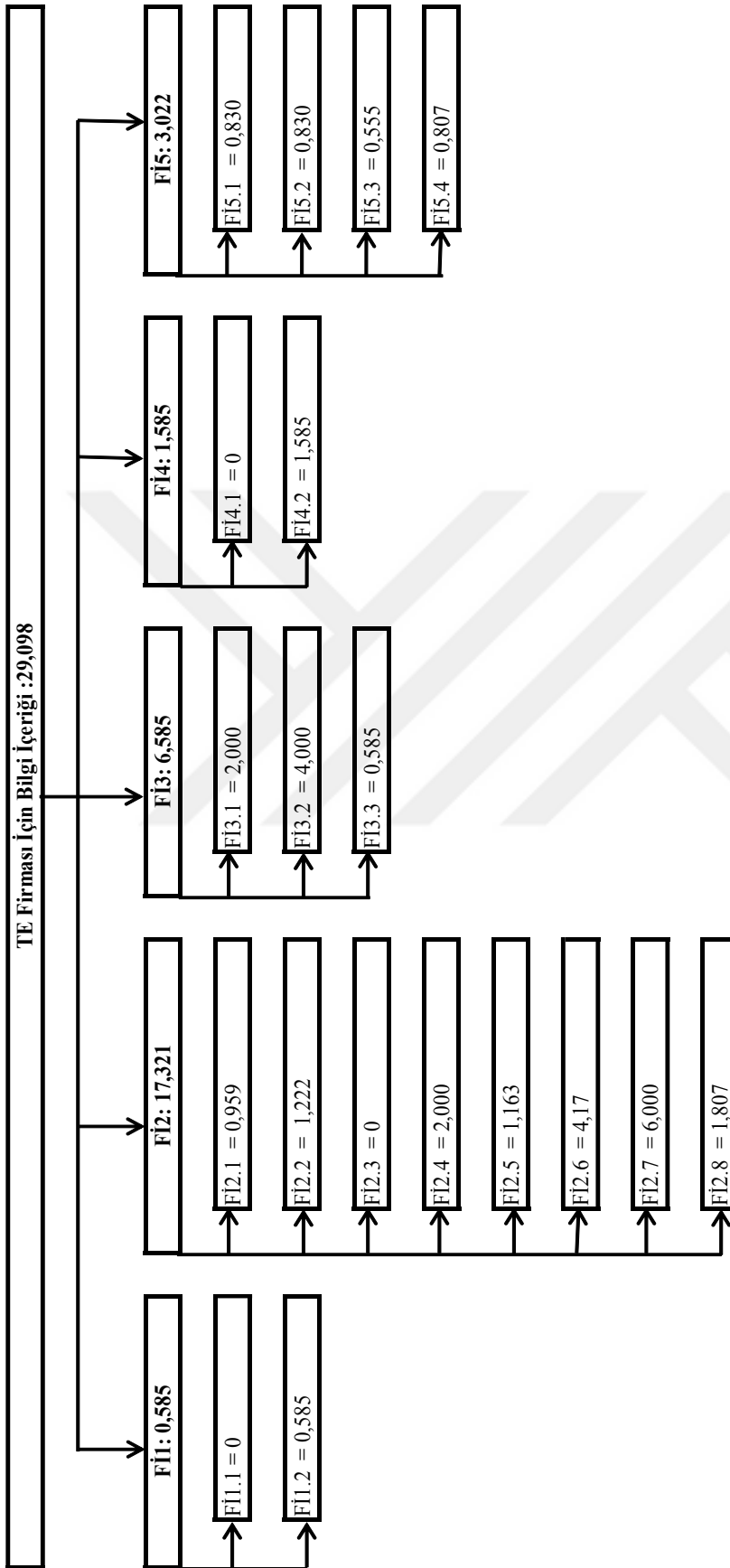
$$I_{AS0} = I_{AS1} + I_{AS2} + I_{AS3} + I_{AS4} + I_{AS5}$$

$$I_{AS0} = 0,485 + 13,162 + 3,392 + 1,093 + 8,168$$

$$I_{AS0} = 26,300$$

4.2.4. TE firması için toplam bilgi içeriğinin hesaplanması

Bölüm 4.2’de TE firması için daha fazla alt birime ayrıştırılamayan her Fİ için hesaplanan bilgi içerikleri Eş.3.9’a göre toplanır ve TE firması için toplam bilgi içeriği değeri elde edilir. TE firması için fonksiyonel ihtiyaçlar ve alt birimleri için elde edilen bilgi içeriği değerleri hiyerarşik olarak Şekil 4.49 de gösterilmiştir.



Şekil 4.49. TE firması için toplam bilgi içeriği hiyerarşisi

TE firmasının Fİ5 (İş İlişkileri) için bilgi içeriği Bölüm 4.2 de bulunan bilgi içeriği değerleri kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$I_{TE51} = 0,830$$

$$I_{TE52} = 0,830$$

$$I_{TE53} = 0,555$$

$$I_{TE54} = 0,807$$

$$I_{TE5} = I_{TE51} + I_{TE52} + I_{TE53} + I_{TE54} = 3,022$$

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

$$I_{TE0} = I_{TE1} + I_{TE2} + I_{TE3} + I_{TE4} + I_{TE5}$$

$$I_{TE0} = 0,585 + 17,321 + 6,585 + 1,585 + 3,022$$

$$I_{TE0} = 29,098$$

4.3. Tedarikçi Firmanın Seçimi

Bulanık Aksiyomatik Tasarım yöntemi kullanılarak maliyet, teknik yeterlilik, bakım onarım, teslimat ve iş ilişkileri ana kriterleri ve bunların alt kriterleri göz önüne alınarak her dört firma için yapılan değerlendirmeler sonucu Çizelge 4.2 de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Toplam bilgi içeriğine göre sıralama

	AN	JO	AS	TE
Toplam Bilgi İçeriği	26,658	23,941	26,300	29,098
Sıralama	3	1	2	4

Çizelge 4.2 ile verilen sonuçlar incelendiğinde minimum toplam bilgi içeriği değerinin 23,941 olduğu ve bu değeri JO firmasının sağladığı görülür ve minimum bilgi içeriğine göre JO firması seçilir.

4.4. Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım ile Tedarikçi Seçimi

Karar verme aşamasında kullanılan kriterler her zaman eşit dereceye ve öneme sahip olamayabilir. Önem derecelerinin birbirinden farklı olduğu durumlarda Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım yaklaşımından faydalanılabilir. Bu yaklaşımda kriterlerin ağırlık değerlerinin belirlenmesi yapılması gereken ilk iştir. Kriterlerin ağırlık değerleri için uzmanlarından görüş alınarak Çizelge 4.3'deki gibi belirlenmiştir:

Çizelge 4.3. Fonksiyonel ihtiyaçlar için ağırlık değerleri

FONKSİYONEL İHTİYAÇLAR		AĞIRLIK F_i	FONKSİYONEL İHTİYAÇLAR	AĞIRLIK F_{ij}
1	Maliyet	0,32	1.1.Fiyat	0,70
			1.2 Bakım Maliyeti	0,30
2	Teknik Yeterlilik	0,26	2.1 Kalite Standartları	0,05
			2.2 Operasyonel Vakum Seviyesi	0,16
			2.3 Hacim	0,10
			2.4 Elektrik Tüketimi	0,05
			2.5 Teknoloji Seviyesi	0,10
			2.6 Sistem Esnekliği	0,15
			2.7 Sistem Güvenilirliği	0,14
			2.8 Cryo Pompaların Kalitesi	0,25
3	Bakım Onarım	0,12	3.1 Garanti Süresi	0,30
			3.2 Onarım Servisleri	0,45
			3.3 Coğrafi Konum	0,25
4	Teslimat	0,18	4.1 Zamanında Teslimat	0,45
			4.2 Teslimat Süresi	0,55
5	İş İlişkileri	0,12	5.1 Uzun Vadeli Bir İlişki	0,15
			5.2 Sözleşme Şartlarının Kabulü	0,47
			5.3 İş Yapma İsteği	0,18
			5.4 Piyasa İtibarı	0,20

Çizelge 4.3'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 F_i 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 F_i 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.

AN firmasının maliyet ana kriteri için ağırlıklandırılmış bilgi içeriği aşağıda gösterildiği gibi hesaplanırken Çizelge 4.4'deki $F\bar{I}_i$ 'lere ait ağırlık değeri (W) ve $F\bar{I}_{ij}$ 'lere ait ağırlık değeri (W) ve bilgi içeriği (I) sütunlarındaki veriler kullanılmıştır ve elde edilen tüm sonuçlar çizelgenin ağırlıklı bilgi içeriği (I_{ij}) sütununda, $F\bar{I}_i$ 'lere ait ağırlıklı bilgi içeriği toplamaları Toplam I_{ij} sütununda, AN firmasına ait toplam ağırlıklı bilgi içeriği ise Genel Toplam I_{ij} sütununda verilmiştir.

Çizelge 4.4. AN firması için ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım ile elde edilen sonuçlar

AN Firması Ağırlıklı Bilgi İçeriği							
$F\bar{I}_i$	W_i	$F\bar{I}_{ij}$	W_{ij}	I_i	I_{Iwj}	Top. I_{Iwj}	Gnl. Top. I_{Iwj}
1	0,32	1.1	0,70	0,5850	0,0913	0,0913	8,4754
		1.2	0,30	0,0000	0,0000		
2	0,26	2.1	0,05	2,6370	1,0127	3,0810	
		2.2	0,16	0,7370	0,0007		
		2.3	0,10	0,7370	0,0000		
		2.4	0,05	1,0000	0,0130		
		2.5	0,10	1,1630	1,0039		
		2.6	0,15	1,2220	1,0078		
		2.7	0,14	0,8300	0,0060		
		2.8	0,25	0,8070	0,0369		
3	0,12	3.1	0,30	1,0000	0,0360	0,0360	
		3.2	0,45	0,3850	0,0000		
		3.3	0,25	0,0000	0,0000		
4	0,18	4.1	0,45	0,0000	0,0000	1,1856	
		4.2	0,55	5,5850	1,1856		
5	0,12	5.1	0,15	2,1290	1,0137	4,0814	
		5.2	0,47	1,3560	1,0173		
		5.3	0,18	4,3920	1,0325		
		5.4	0,20	2,0930	1,0179		

$$I_{AN11} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{AN11}} \right) = 0,585 \text{ ise } I_{ANw11} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{AN11}} \right)^{\frac{1}{w11}} = 0,585^{\frac{1}{0,0224}} = 0,0913$$

$$I_{AN12} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{AN12}} \right) = 0 \text{ ise } I_{ANw12} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{AN12}} \right)^{\frac{1}{w12}} = 0$$

AN firması için bilgi içeriği 1'e eşit olan kriterlerden 2.4 kriteri için de ağırlıklı değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$I_{AN24} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{AN24}} \right) = 1,00 \text{ ise } I_{ANw24} = w = 0,05 * 0,26 = 0,0130$$

AN firması için bilgi içeriği 1'den büyük olan kriterlerden 2.5 kriteri için de ağırlıklı değeri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$I_{AN25} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{AN25}} \right) = 1,163 \text{ ise } I_{ANw25} = \log_2 \left(\frac{1}{p_{AN25}} \right)^{w25} = 1,163^{0,026} = 1,0039$$

$$I_{ANw1} = I_{ANw12} + I_{ANw12} = 0,0913$$

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

$$I_{ANw} = I_{ANw1} + I_{ANw2} + I_{ANw3} + I_{ANw4} + I_{ANw5}$$

$$I_{ANw} = 0,0913 + 3,0810 + 0,0360 + 1,1856 + 4,0814 = 8,4754$$

JO, AS ve TE firmaları için de Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7'deki verilerden yararlanılarak AN firması için yapılan işlemlere benzer işlemler yapılarak bilgi içerikleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar ilgili çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. JO firması için ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım ile elde edilen sonuçlar

JO Firması Ağırlıklı Bilgi İçeriği							
$F\dot{I}_i$	W_i	$F\dot{I}_{ij}$	W_{ij}	I_i	I_{iwj}	Top. I_{iwj}	Gnl. Top. I_{iwj}
1	0,32	1.1	0,70	1,0000	0,2240	1,3082	8,7119
		1.2	0,30	2,3220	1,0842		
2	0,26	2.1	0,05	0,9590	0,0399	3,1445	
		2.2	0,16	1,0000	0,0416		
		2.3	0,10	0,0000	0,0000		
		2.4	0,05	0,0000	0,0000		
		2.5	0,10	1,2220	1,0052		
		2.6	0,15	0,5550	0,0000		
		2.7	0,14	1,6550	1,0185		
		2.8	0,25	1,8070	1,0392		
3	0,12	3.1	0,30	0,0000	0,0000	2,0621	
		3.2	0,45	2,3920	1,0482		
		3.3	0,25	1,5850	1,0139		
4	0,18	4.1	0,45	1,0000	0,0810	1,1277	
		4.2	0,55	1,5850	1,0467		
5	0,12	5.1	0,15	0,8300	0,0000	1,0694	
		5.2	0,47	0,8300	0,0367		
		5.3	0,18	4,3920	1,0325		
		5.4	0,20	0,8070	0,0001		

Çizelge 4.6. AS firması için ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım ile elde edilen sonuçlar

AS Firması Ağırlıklı Bilgi İçeriği							
$F\dot{I}_i$	W_i	$F\dot{I}_{ij}$	W_{ij}	I_i	I_{iwj}	Top. I_{iwj}	Gnl. Top. I_{iwj}
1	0,32	1.1	0,70	0,4850	0,0395	0,0395	6,4193
		1.2	0,30	0,0000	0,0000		
2	0,26	2.1	0,05	2,6370	1,0127	3,1885	
		2.2	0,16	1,0000	0,0416		
		2.3	0,10	1,0000	0,0260		
		2.4	0,05	0,0000	0,0000		
		2.5	0,10	1,1630	1,0039		
		2.6	0,15	0,5550	0,0000		
		2.7	0,14	6,0000	1,0674		
		2.8	0,25	0,8070	0,0369		
3	0,12	3.1	0,30	1,0000	0,0360	1,0842	
		3.2	0,45	2,3920	1,0482		
		3.3	0,25	0,0000	0,0000		
4	0,18	4.1	0,45	0,4150	0,0000	0,0198	
		4.2	0,55	0,6780	0,0197		
5	0,12	5.1	0,15	0,8300	0,0000	2,0873	
		5.2	0,47	0,8300	0,0367		
		5.3	0,18	4,4150	1,0326		
		5.4	0,20	2,0930	1,0179		

Çizelge 4.7. TE firması için ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım ile elde edilen sonuçlar

TE Firması Ağırlıklı Bilgi İçeriği							
$F\dot{I}_i$	W_i	$F\dot{I}_{ij}$	W_{ij}	I_i	$I_{i w}$	Top. $I_{i w}$	Gnl. Top. $I_{i w}$
1	0,32	1.1	0,70	0,0000	0,0000	0,0038	9,4155
		1.2	0,30	0,5850	0,0038		
2	0,26	2.1	0,05	0,9590	0,0399	6,2252	
		2.2	0,16	1,2220	1,0084		
		2.3	0,10	0,0000	0,0000		
		2.4	0,05	2,0000	1,0091		
		2.5	0,10	1,1630	1,0039		
		2.6	0,15	4,1700	1,0573		
		2.7	0,14	6,0000	1,0674		
		2.8	0,25	1,8070	1,0392		
3	0,12	3.1	0,30	2,0000	1,0253	2,1030	
		3.2	0,45	4,0000	1,0777		
		3.3	0,25	0,5850	0,0000		
4	0,18	4.1	0,45	0,0000	0,0000	1,0467	
		4.2	0,55	1,5850	1,0467		
5	0,12	5.1	0,15	0,8300	0,0000	0,0369	
		5.2	0,47	0,8300	0,0367		
		5.3	0,18	0,5550	0,0000		
		5.4	0,20	0,8070	0,0001		

AN, JO, AS ve TE firmaları için kriterlerin önceliklendirildiği durum göz önüne alınarak kullanılan Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım yöntemi ile elde edilen sonuçlara ait özet tablo Çizelge 4.8 ile verilmiştir.

Çizelge 4.8. Ağırlıklı bilgi içeriğine göre sıralama

	AN	JO	AS	TE
Toplam Ağırlıklı Bilgi İçeriği	8,48	8,71	6,42	9,42
Sıralama	2	3	1	4

Çizelge 4.8 ile verilen sonuçlar incelendiğinde toplam ağırlıklı minimum bilgi içeriği değerinin 6,42 ile AS firması tarafından sağlandığı görülür ve minimum ağırlıklı bilgi içeriğine göre AS firması seçilir.

4.5. Bulanık Aksiyomatik Tasarım ve Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım Yaklaşımları ile Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Tedarikçi firmaların tümü için Bulanık Aksiyomatik Tasarım ve Ağırlıklı Bulanık Aksiyomatik Tasarım yaklaşımları ile elde edilen bilgi içeriği değerleri Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.



Çizelge 4.9. Bulanık aksiyomatik tasarım ve ağırlıklı bulanık aksiyomatik tasarım ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması

FONKSİYONEL İHTİYAÇLAR		AN			JO			AS			TE		
	AĞIRLI K Fli	AĞIRLI K Fli	Iij	Toplam Iij	Iiwj	Toplam Iiwj	Iij	Toplam Iij	Iiwj	Toplam Iiwj	Iij	Toplam Iij	Iiwj
1	Maliyet	0,32	0,70	0,59	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
			0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			0,05	2,64	1,01	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
			0,16	0,74	6,52E-04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			0,10	0,74	7,99E-06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			0,05	1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Teknik Yeterlilik	0,26	0,10	1,16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
			0,15	1,22	1,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
			0,14	0,83	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
			0,25	0,81	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
3	Bakım Onarım	0,12	0,30	1,00	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
			0,45	0,39	2,11E-08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	Teslimat	0,18	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			0,55	5,59	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
			0,15	2,13	1,01	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
5	İş İlişkileri	0,12	0,47	1,36	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
			0,18	4,39	1,03	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
			0,20	2,09	1,02	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Toplam Bilgi İçeriği				26,658	8,48	23,941	8,71	26,300	6,43	29,098	9,42	4	4
Sıralama				3	2	1	3	2	1	4	4	4	4

Çizelge 4.3 de verilen ana kriterlerin ağırlık değerleri incelendiğinde üretici firma için önem derecesi en büyük olan kriterler sırasıyla, maliyet ve teknik yeterlilik, teslimat iş ilişkileri ve bakım kriterleridir.

Kriterlerin önceliklendirilmediği durumda elde edilen bilgi içeriği değerlerine göre minimum bilgi içeriğine sahip firma JO firmasıyken, kriterlerin önceliklendirildiği durumda minimum bilgi içeriğine sahip firma AS firmasıdır. TE firması her iki durumda en büyük bilgi içeriği değerine sahiptir her iki durumda da 4. firma olma konumunu muhafaza etmiştir. AN firması ise ilk durumda üçüncü konumdayken kriterlerin önceliklendirildiği durumda ikincilik konumuna yükselmiştir. 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 sonuçlar göstermiştir ki, kriter ağırlıklarının sonuç üzerinde önemli bir etkisi vardır.

4.6. Duyarlılık Analizi

Seçilen dilsel değişken değerlerinin değişiminin ulaşılan sonuç üzerinde etkili olup olmadığının kontrol edilmesi amacıyla çalışmaya esas olarak literatürden alınan bulanık dilsel değişken değerleri değiştirilmiştir.

Merkez değer sabit tutularak alt sınır değer 2 birim azaltılarak ve üst sınır değeri 2 birim artırılarak “Çok İyi” için (13,17,21) değerleri (11,17,23) değerlerine ve “Mükemmel” için (18,25,25) değerleri (16,27,27) değerlerine dönüştürülmüştür ve bu dilsel değerler için yeniden hesaplamalar yapılmış, bu hesaplamaların sonucu Çizelge 4.10 ile aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.10 Duyarlılık analizi sonucu firmalara göre tüm bilgi ihtiyaçları

	FONKSİYONEL İHTİYAÇLAR	AN	JO	AS	TE
1.1	Fiyat	0,5850	1,0000	0,4850	0,0000
1.2	Bakım Maliyeti	0,0000	2,3220	0,0000	0,5850
2.1	Kalite Standartları	2,1110	1,4339	2,1110	1,4339
2.2	Operasyonel Vakum seviyesi	0,7370	1,0000	1,0000	1,2220
2.3	Hacim	0,7370	0,0000	1,0000	0,0000
2.4	Elektrik Tüketimi	1,0000	0,0000	0,0000	2,0000
2.5	Teknoloji Seviyesi	1,1402	1,4594	1,1402	1,1402
2.6	Sistem Esnekliği	1,4594	0,7369	0,7369	4,1700
2.7	Sistem Güvenilirliği	0,9069	1,6521	6,0000	6,0000
2.8	Cryo Pompaların Kalitesi	1,1740	1,5849	1,1740	1,5849
3.1	Garanti Süresi	1,0000	0,0000	1,0000	2,0000
3.2	Onarım Servisleri	0,6780	2,1964	2,1964	4,0000
3.3	Coğrafi Konum	0,0000	1,5850	0,0000	0,5850
4.1	Zamanında Teslimat	0,0000	1,0000	0,4150	0,0000
4.2	Teslimat Süresi	5,5850	1,8480	0,6780	1,8480
5.1	Uzun Vadeli Bir İlişki	2,0968	0,9840	0,9840	0,9840
5.2	Sözleşme Şartlarının Kabulü	1,3560	0,9068	0,9068	0,9068
5.3	İş Yapma İsteği	3,4590	3,4590	4,4150	0,6780
5.4	Piyasa İtibarı	2,0930	1,1375	2,0930	1,1375

Çizelge 4.10 incelendiğinde yapılan hesaplamalar sonucu tedarikçi firmalara ait toplam bilgi içerikleri önceki hesaplama sonuçlarına göre bir miktar değişmiş olduğu görülmektedir. Çizelge 4.11 ile firmalara göre toplam bilgi içeriği verilmiştir.

Çizelge 4.11. Duyarlılık analizi sonrası firmalara göre toplam bilgi içeriği

	AN	JO	AS	TE
Toplam Bilgi İçeriği	26,118	24,306	26,335	30,275
Sıralama	2	1	3	4

Çizelge 4.11 ile verilen duyarlılık analizi sonucuna göre yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen toplam bilgi içerikleri incelendiğinde en düşük bilgi içeriğine sahip firma 24,306 değeri ile JO firmasıdır ve ilk sıradaki yerini korumuştur.

Bu değişimin firmalar için hesaplanan ağırlıklı bilgi içeriklerini de nasıl etkilediğini incelemek amacıyla yeni değerler üzerinden tekrar hesaplama yapılmış ve AN, JO, AS ve TE firmaları için elde edilen sonuçlar aşağıda sırasıyla Çizelge 4.12, 4.13, 4.14 ve 4.15 ile verilmiştir.

Çizelge 4.12. AN firması için duyarlılık analizi sonrası ağırlıklı bilgi içeriği

AN Firması Ağırlıklı Bilgi İçeriği							
$\bar{F}I_i$	W	$\bar{F}I_{ij}$	W	I	I_{iwj}	Top. I_{iwj}	Gnl. Top. I_{iwj}
1	0,32	1.1	0,70	0,5850	0,0913	0,0913	9,5099
		1.2	0,30	0,0000	0,0000		
2	0,26	2.1	0,05	2,1110	1,0098	4,1204	
		2.2	0,16	0,7370	0,0007		
		2.3	0,10	0,7370	0,0000		
		2.4	0,05	1,0000	0,0130		
		2.5	0,10	1,1402	1,0034		
		2.6	0,15	1,4594	1,0149		
		2.7	0,14	0,9069	0,0682		
		2.8	0,25	1,1740	1,0105		
3	0,12	3.1	0,30	1,0000	0,0360	0,0367	
		3.2	0,45	0,6780	0,0007		
		3.3	0,25	0,0000	0,0000		
4	0,18	4.1	0,45	0,0000	0,0000	1,1856	
		4.2	0,55	5,5850	1,1856		
5	0,12	5.1	0,15	2,0968	1,0134	4,0758	
		5.2	0,47	1,3560	1,0173		
		5.3	0,18	3,4590	1,0272		
		5.4	0,20	2,0930	1,0179		

Çizelge 4.13. JO firması için duyarlılık analizi sonrası ağırlıklı bilgi içeriği

JO Firması Ağırlıklı Bilgi İçeriği							
$\bar{F}I_i$	W	$\bar{F}I_{ij}$	W	I	I_{iwj}	Top. I_{iwj}	Gnl. Top. I_{iwj}
1	0,32	1.1	0,70	1,0000	0,2240	1,3082	11,2295
		1.2	0,30	2,3220	1,0842		
2	0,26	2.1	0,05	1,4339	1,0047	4,1054	
		2.2	0,16	1,0000	0,0416		
		2.3	0,10	0,0000	0,0000		
		2.4	0,05	0,0000	0,0000		
		2.5	0,10	1,4594	1,0099		
		2.6	0,15	0,7369	0,0004		
		2.7	0,14	1,6521	1,0184		
		2.8	0,25	1,5849	1,0304		
3	0,12	3.1	0,30	0,0000	0,0000	2,0573	
		3.2	0,45	2,1964	1,0434		
		3.3	0,25	1,5850	1,0139		
4	0,18	4.1	0,45	1,0000	0,0810	1,1437	
		4.2	0,55	1,8480	1,0627		
5	0,12	5.1	0,15	0,9840	0,4082	2,6149	
		5.2	0,47	0,9068	0,1765		
		5.3	0,18	3,4590	1,0272		
		5.4	0,20	1,1375	1,0031		

Çizelge 4.14. AS firması için duyarlılık analizi sonrası ağırlıklı bilgi içeriği

AS Firması Ağırlıklı Bilgi İçeriği							
$\bar{F}I_i$	W	$\bar{F}I_{ij}$	W	I	I_{ij}	Top. I_{ij}	Gnl. Top. I_{ij}
1	0,32	1.1	0,70	0,4850	0,0395	0,0395	7,9329
		1.2	0,30	0,0000	0,0000		
2	0,26	2.1	0,05	2,1110	1,0098	4,1591	
		2.2	0,16	1,0000	0,0416		
		2.3	0,10	1,0000	0,0260		
		2.4	0,05	0,0000	0,0000		
		2.5	0,10	1,1402	1,0034		
		2.6	0,15	0,7369	0,0004		
		2.7	0,14	6,0000	1,0674		
		2.8	0,25	1,1740	1,0105		
3	0,12	3.1	0,30	1,0000	0,0360	1,0794	
		3.2	0,45	2,1964	1,0434		
		3.3	0,25	0,0000	0,0000		
4	0,18	4.1	0,45	0,4150	0,0000	0,0198	
		4.2	0,55	0,6780	0,0197		
5	0,12	5.1	0,15	0,9840	0,4082	2,6351	
		5.2	0,47	0,9068	0,1765		
		5.3	0,18	4,4150	1,0326		
		5.4	0,20	2,0930	1,0179		

Çizelge 4.15. TE firması için duyarlılık analizi sonrası ağırlıklı bilgi içeriği

TE Firması Ağırlıklı Bilgi İçeriği							
$\bar{F}I_i$	W	$\bar{F}I_{ij}$	W	I	I_{ij}	Top. I_{ij}	Gnl. Top. I_{ij}
1	0,32	1.1	0,70	0,0000	0,0000	0,0038	11,9378
		1.2	0,30	0,5850	0,0038		
2	0,26	2.1	0,05	1,4339	1,0047	7,1806	
		2.2	0,16	1,2220	1,0084		
		2.3	0,10	0,0000	0,0000		
		2.4	0,05	2,0000	1,0091		
		2.5	0,10	1,1402	1,0034		
		2.6	0,15	4,1700	1,0573		
		2.7	0,14	6,0000	1,0674		
		2.8	0,25	1,5849	1,0304		
3	0,12	3.1	0,30	2,0000	1,0253	2,1030	
		3.2	0,45	4,0000	1,0777		
		3.3	0,25	0,5850	0,0000		
4	0,18	4.1	0,45	0,0000	0,0000	1,0627	
		4.2	0,55	1,8480	1,0627		
5	0,12	5.1	0,15	0,9840	0,4082	1,5877	
		5.2	0,47	0,9068	0,1765		
		5.3	0,18	0,6780	0,0000		
		5.4	0,20	1,1375	1,0031		

Çizelge 4.12, 4.13, 4.14 ve 4.15 incelendiğinde yapılan hesaplamalar sonucu tedarikçi firmalara ait ağırlıklı toplam bilgi içerikleri önceki hesaplama sonuçlarına göre bir miktar değişmiş olduğu görülmektedir. Çizelge 4.16 ile firmalara göre ağırlıklı toplam bilgi içeriği verilmiştir.

Çizelge 4.16. Duyarlılık analizi sonrası ağırlıklı toplam bilgi içerikleri

	AN	JO	AS	TE
Ağırlıklı Toplam Bilgi İçeriği	9,51	11,23	7,93	11,94
Sıralama	2	3	1	4

Çizelge 4.16 ile verilen duyarlılık analizi sonucuna göre yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen toplam bilgi içerikleri incelendiğinde en düşük bilgi içeriğine sahip firma 7,93 değeri ile AS firmasıdır ve ilk sıradaki yerini korumuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İşletmelerin ihtiyaçları ve istekleri doğrultusunda en uygun tedarikçilerin belirlenmesinin amaç edinildiği tedarikçi seçim problemi, birbiriyle çelişen, sayısal ve sayısal olmayan birden fazla kriteri bünyesinde ihtiva eden literatürde birçok yöntemin geliştirildiği ve araştırıldığı karmaşık birçok kriterli karar verme problemidir.

Yapılan çalışma ile Ankara’da faaliyet gösteren ve Ar-Ge çalışmaları sonucu prototip ürün üretimi yapan bir firmanın kullanacağı kritik bir cihazın, vakum odasının ve tedarikçi firmasının seçimi için son yıllarda önemi gittikçe artan tedarik zinciri yönetiminin önemli bir konusu olan ve işletmelerin rekabet gücünü etkileyebilecek derecede hayati öneme sahip tedarikçi seçim probleminde karar verebilmek için nicel ve nitel kriterlerin birlikte değerlendirilebilmesini sağlayan aynı zamanda karar vericinin kısıtlarını da dikkate alan Bulanık Aksiyomatik Tasarımın Bilgi Aksiyomu yaklaşımı kullanılarak hiyerarşik bir tedarikçi seçim modeli oluşturulmuş, bu model ile alternatif dört tedarikçi firma Bulanık AT yaklaşımı uygulanarak değerlendirilmiştir. Firma içerisinden bu konu hakkında bilgi ve tecrübe sahibi uzmanlar ile birlikte çalışılarak tedarikçi seçimini etkileyen 5 ana kriter belirlenmiş ve bunlar da daha detaylı 19 alt birime ayrıştırılmıştır.

AT Bilgi Aksiyomu temel alınarak yapılan bu tez çalışmasında alternatif tedarikçiler yani tasarım alternatifleri arasında değerlendirme ve seçim yapabilmek için sistem aralığına karşılık gelen, bazılarının nümerik, bazılarının ise dilsel olarak ifade edildiği ve sayısallaştırılmalarında üçgensel bulanık sayılardan faydalanılan kriterler, fonksiyonel ihtiyaçlardır ve seçimi doğrudan etkilemektedirler.

Oluşturulan hiyerarşik tedarikçi seçim modelinde, alternatif tedarikçi firmalara ait bilgi içerikleri her bir fonksiyonel ihtiyaç yani kriter için ilgili sistem ve tasarım aralıklarının kesişim alanlarına bakılarak hesaplanmış ve 5 ana kriter altındaki 19 kriter toplanarak firmanın toplam bilgi içeriği hesaplanmıştır. Karşılaştırılan dört firma için fonksiyonel ihtiyaçların (kriterler) önem dereceleri eşit olduğu durumda firmalara ait bilgi ihtiyaçları karşılaştırılmış ve karşılaştırma sonucu Çizelge 4.2 ile verilmiştir. Çizelge 4.2 ile verilen değerlerin incelenmesi neticesinde 23,941 değeri ile en düşük toplam bilgi içeriğine sahip firma olan JO firması en uygun tedarikçi olarak seçilmiştir.

Gerçek hayat seçim problemlerinde üretici firmaların tedarikçileri seçerken her bir kritere aynı önemi vermedikleri bilinmektedir. Gerçekçi ve uygulanabilir bir tedarikçi seçiminin yapılabilmesi için kriterler konunun uzmanlarına ait görüşler doğrultusunda ağırlıklandırma yöntemi ile önceliklendirilmiştir. Kriterlerin ağırlık değerleri incelendiğinde firma için önem derecesi en büyük olan ana kriterler sırasıyla maliyet (0,32), teknik yeterlilik (0,26), teslimat (0,18), bakım onarım ve iş ilişkileri (0,12) kriterleridir.

Bu kriterlerinde alt kriterleri kendi aralarındaki önem derecesini yansıtabilecek şekilde ağırlıklandırılmıştır. Kriterler ağırlıklandırıldığında en uygun tedarikçiyi tespit etmek için Ağırlıklı Bulanık Bilgi Aksiyomu yaklaşımı kullanılmış ve Çizelge 4.8 ile hesaplanan sonuçlar verilmiştir. Çizelge 4.8 ile verilen ve ağırlıklandırılmış kriterler baz alınarak yapılan işlemlerin sonuçları incelendiğinde, 6,42 değeri ile AS firmasının minimum toplam ağırlıklı bilgi içeriğine sahip olduğu görülmüş ve en uygun tedarikçi firma olarak seçilmiştir.

Kriterlerin önceliklendirilmediği durumda elde edilen bilgi içeriği değerlerine göre minimum bilgi içeriğine sahip firma JO firmasıyken, kriterlerin önceliklendirildiği durumda minimum bilgi içeriğine sahip tedarikçi AS firmasıdır. Karşılaştırma tablosu incelendiğinde firmaların önceliği büyük olan fonksiyonel ihtiyaçlar (kriter) için bilgi içeriği değerleri ne kadar küçük ise, kriterlerin önceliklendirildiği durumda hesaplanan bilgi içeriği değerlerinin de o kadar küçüldüğü görülmektedir. Bu sonuçtan yola çıkıldığında, kriter ağırlıkları sonuç üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Bu tez kapsamında, tedarik zinciri açısından en stratejik öneme sahip olan ilk zincir halkasını oluşturan tedarikçilerin seçim problemi ele alınmış, Bulanık Aksiyomatik Tasarım yöntemi ile karar vericinin kısıtları ve kriterleri baz alınarak hazırlanan hiyerarşik yapı sayesinde firma için önemli bir cihazı temin edebilecek tedarikçileri birbirleriyle karşılaştırma olanağı sağlanmış ve belirlenen kriterler göz önünde bulundurularak bir sıralama yapılmıştır. Kriterlerin karar verici tarafından önem derecelerinin değiştirildiği durum incelenmiş ve önceliklerin farklı olduğu yeni durum için yapılan hesaplamalar sonucu ağırlıkların eşit olduğu ve olmadığı durumlarda sonucun değiştiği gözlenmiştir. Bu noktadan hareketle, sonuç üzerindeki etkisi göz önüne alınarak kriterlerin önem derecelerinin farklı olmasının dikkate alınması gerektiği elde edilmiştir.

Bu tez çalışmasında geliştirilen hiyerarşik tedarikçi seçim yönteminin, nicel ve nitel kriterlerin bir arada değerlendirilebilmesini ve tasarımcının kısıtlarını dikkate almasını sağlayan Bulanık Bilgi Aksiyomu yönteminin daha büyük boyutlu ve karmaşık yapıda olan seçim problemlerine uygulanması mümkündür. Manüel hesap yapılmasının çözüm zamanı açısından bir dezavantaj olduğu düşünülmektedir. Sistematiik bir şekilde sonuç üreten bilgisayar yazılımı geliştirilmesi önerilmektedir. Bu sayede daha hassas, daha doğru, kesin ve daha kısa sürede sonuçlar alınabilecek, işletmeler için her türlü seçim probleminde başvurulabilecek, duyarlılık analizi de yapılabilecek bir araç olacaktır.

Sonraki çalışmalar için Ekonominin Durumu, Siyasi Durum ve Risk gibi sosyo-ekonomik ve politik kriterlerin toplu durum dalgalanmalarında tedarikçi seçimi yapılabilmesi için başvurulması gereken kriterler olduğu da görölmektedir.

Bu tez çalışmasında bulanık dilsel değişken aralıklarının değişiminin ulaşılan sonuç üzerinde bir etkisinin olup olmadığı Çok İyi ve Mükemmel dilsel değişkenlerinin alt ve üst sınır değerleri ± 2 birim değiştirilerek kontrol edilmiş, yapılan hesaplamalar sonucunda bu değişimin çözüm üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı görölmüştür.



KAYNAKLAR

1. Li, M. (2012). Extension of axiomatic design method for fuzzy linguistic multiple criteria group decision making with incomplete weight information. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-17.
2. Shahbandarzadeh, H., Jafarnejad, A. and Raeesi, R. (2012). Using a modified extension of mixed fuzzy and crisp axiomatic design method in vendor selection for supply chain:(In Persian). *Journal of Industrial Management*, 7(3), 37-54.
3. Kulak, O., Kahraman, C., Öztaysi, B. and Tanyas, M. (2005). Multi-attribute information technology project selection using fuzzy axiomatic design. *Journal of Enterprise Information Management*, 18(3), 275-288.
4. Thomas, D. J. and Griffin, P. M. (1996). Coordinated supply chain management. *European Journal of Operations Research*, 94, 1-15.
5. Boer, L., Labro, E. and Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7, 75-89.
6. Aissaoui, N., Haouari, M. and Hassini, E. (2007). Supplier selection and order lot sizing modeling: a review. *Computers & Operations Research*, 34, 3516-3540.
7. Tayyar, N. ve Arslan, P. (2013). Hazır giyim sektöründe en iyi fason işletme seçimi için AHP ve VIKOR yöntemlerinin kullanılması. *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 205-223.
8. Suh, N. P. (2001). *Axiomatic design - advances and applications* (First Edition). New York: Oxford University Press, 1-503
9. Suh, N. P. (1990). *The principles of design* (First Edition). New York: Oxford University Press, 1-418.
10. Suh, N. P. (1998). Axiomatic design theory for systems. *Research in Engineering Design*, 10, 189-209.
11. Kulak, O. and Kahraman, C. (2005). Fuzzy multi-attribute selection among transportation companies using axiomatic design and analytic hierarchy process. *Information Sciences*, 170, 191-210.
12. Gunasekera, J. S. and Ali, A. F. (1995). A three-step approach to designing a metal-forming process. *Journal of Management*, 22-25.
13. Suh, N. P. (1997). Design of systems. *Annals of the CIRP*, 46(1), 75-80.
14. Suh, N. P., Cochran, D. S. and Paulo, C. L. (1998). Manufacturing system design. *Annals of the CIRP*, 47(2), 627-639.
15. Babic, B. (1999). Axiomatic design of flexible manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 37(5), 1159-1173.

16. Cochran, D. S., Eversheim, W., Kubin, G. and Sesterhenn, M. L. (2000). The application of AD and lean management principles in the scope of production system segmentation. *International Journal of Production Research*, 38(6), 1159–1173.
17. Cochran, D. S., Kim, Y. S. and Kim, J. (2000). The alignment of performance measurement with the manufacturing system design. *Proceedings of ICAD2000, First International Conference on Axiomatic Design*, Cambridge, MA, 115–122.
18. Chen, S. J., Chen, L. C. and Lin, L. (2000). Knowledge-based support for simulation analysis of manufacturing cells. *Computers in Industry*, 4433–4449.
19. Houshmand, M. and Jamshidnezhad, B. (2002). Conceptual design of lean production systems through an axiomatic design. *Proceedings of ICAD2002, Second International Conference on Axiomatic Design*, Cambridge, MA, 1-12.
20. Kulak, O., Durmuşoğlu M.B. and Tüfekçi, S. (2005). A complete cellular manufacturing system design methodology based on axiomatic design principles. *Computers and Industrial Engineering*, 48, 765–787.
21. Houshmand, M. and Jamshidnezhad B. (2006). An extended model of design process of lean production systems by means of process variables. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 22, 1–16.
22. Durmuşoğlu, M. B. and Kulak, O. (2008). A methodology for the design of office cells using axiomatic design principles. *Omega*, 36(4), 633-652.
23. Kim, S. J., Suh, N. P. and Kim, S. (1991). Design of software systems based on AD. *Robotics & Computer-Integrated Manufacturing*, 8(4), 243–255.
24. Suh, N. P., (1995). Designing-in of quality through axiomatic design. *IEEE Transactions on Reliability*, 44(2), 256–264.
25. Tseng, M. M. and Jiao, J. (1997). 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.
26. Jang, B. S., Yang, Y.S., Song, Y.S., Yeun, Y.S. and Heedo, S. (2002). Axiomatic design approach for marine design problems. *Marine Structures*, 15, 35–56.
27. Helander, M.G. and Lin, L. (2002). Axiomatic design in ergonomics and an extension of the information axiom. *Journal of Engineering Design*, 13(4), 321–339.
28. Yia, J. W. and Park, G. J. (2005). Development of a design system for EPS cushioning package of a monitor using axiomatic design. *Advances in Engineering Software*, 36, 273–284.
29. Schnetzler, M. J., Sennheiser, A. and Schönsleben, P.S. (2007). A decomposition-based approach for the development of a supply chain strategy. *International Journal of Production Economics*, 105(1), 21-42.

30. Kulak, O. and Kahraman, C. (2005). Multi-attribute comparison of advanced manufacturing systems using fuzzy vs. crisp axiomatic design approach. *International Journal of Production Research*, 95, 415-424.
31. Kulak, O., Durmuşoğlu, M. B. and Kahraman, C. (2005). Fuzzy multi-attribute equipment selection based on information axiom. *Journal of Materials Processing Technology*, 169, 337-345.
32. Kulak, O., (2005). A decision support system for fuzzy multi-attribute selection of material handling equipments. *Expert Systems with Applications*, 29, 310-319.
33. Murat, Y. Ş. ve Kulak, O. (2005). Ulaşım ağlarında bilgi aksiyomu kullanılarak güzergâh (rota) seçimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(3), 425- 435.
34. Coelho, A. M. G. and Mourao, A. J. F. (2007). 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.
35. Weber, J., Förster, D., Kößler, J. and Paetzold, K. (2015). Design of changeable production units within the automotive sector with Axiomatic Design. *9th International Conference on Axiomatic Design (ICAD 2015)*, 34, 93-97.
36. Kır, Y. and Yazgan, H. (2016). A sequence dependent single machine scheduling problem with fuzzy axiomatic design for the penalty costs. *Computers & Industrial Engineering*, 92, 95-104.
37. Beng, L. G. and Badrul, O. (2014). Green supplier selection: analysis of qualitative environmental criteria using fuzzy axiomatic approach. *Applied Mechanics and Materials*, 465-466, 1054-1059.
38. Kannan, D., Govindan, K. and Rajendran, S. (2015). Fuzzy axiomatic design approach based green supplier selection: a case study from Singapore. *Journal of Cleaner Production*, 96, 194-208.
39. Özel, B. ve Özyörük, B. (2007). Bulanık aksiyomatik tasarım ile tedarikçi firma seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(3), 415-423.
40. Khandekar, A. V. and Chakraborty, S. (2015). Selection of industrial robot using axiomatic design principles in fuzzy environment. *Decision Science Letters*, 4(2), 181-192.
41. Bahadır, M. C. and Satoglu, S. I. (2014). A novel robot arm selection methodology based on axiomatic design principles. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71(9), 2043-2057.
42. Bilişik, Ö. N., Demirtaş, N., Tuzkaya, U. R. and Baraçlı, H. (2014). Garage location selection for public transportation system in Istanbul: an integrated fuzzy ahp and fuzzy axiomatic design based approach. *Journal of Applied Mathematics*, 2014, 1-13

43. Buyukozkan, G. and Arsenyan, J. (2009). Supplier selection in an agile supply chain environment using fuzzy axiomatic design approach. *Information Control Problems in Manufacturing*, 13(1), 840-845.
44. Shahbandarzadeh, H., Jafarnejad, A. and Raeesi, R. (2012). Using a modified extension of mixed fuzzy and crisp axiomatic design method in vendor selection for supply chain. *Journal Of Industrial Management*, 3(7), 37-54.
45. Khandekar, A.V., Antuchevičienė, J. and Chakraborty, S. (2015). Small hydro-power plant project selection using fuzzy axiomatic design principles. *Technological And Economic Development Of Economy*, 21(5), 756-772
46. Chen, X. and Hana, J. (2011). A novel IS/IT outsourcing service vendor selection method based on fuzzy axiomatic design. *Industrial Engineering and Engineering Management (IE&EM), 2011 IEEE 18Th International Conference on*, 21-25.
47. Kahraman, C. and Cebi, S. (2009). A new multi-attribute decision making method: Hierarchical fuzzy axiomatic design. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 4848–4861.
48. Zaralı, F. and Yazgan, H. R. (2016). Solution of logistics center selection problem using the axiomatic design method. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*, 10(3), 470-476
49. Chen, X., Li, Z., Fan, Z-P., Zhou, X. and Zhang, X. (2016). Matching demanders and suppliers in knowledge service: A method based on fuzzy axiomatic design. *Information Sciences*, 346–347, 130–145.
50. Çakır, S. (2016). An integrated approach to machine selection problem using fuzzy SMART-fuzzy weighted axiomatic design. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1-13.
51. Gören, H. G. and Kulak, O. (2014). A new fuzzy multi-criteria decision making approach: extended hierarchical fuzzy axiomatic design approach with risk factors. *Euro Working Group Workshops on Decision Support Systems, EWG-DSS 2013(184)*, 141-146.
52. Büyüközkan, G., Arsenyan, J. and Ruan, D. (2012). Logistics tool selection with two-phase fuzzy multi criteria decision making: A case study for personal digital assistant selection. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 142-153.
53. Beng, L. G. and Omar, B. (2014). Integrating axiomatic design principles into sustainable product development. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 1(2), 107-117.
54. Büyüközkan, G. and Göçer, G. (2016). Application of a new combined intuitionistic fuzzy MCDM approach based on axiomatic design methodology for the supplier selection problem. *Applied Soft Computing*, 52, 1222–1238.
55. Khandekar, A. V. and Chakraborty, S. (2016). Application of fuzzy axiomatic design principles for selection of non-traditional machining processes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 83(1), 529–543.

56. Maldonado-Macías, A., García-Alcaraz, J., Reyes, R. M. and Hernández, J. (2015). Application of a fuzzy axiomatic design methodology for ergonomic compatibility evaluation on the selection of plastic molding machines: a case study. *Procedia Manufacturing*, 3, 5769-5776.
57. Vinodh, S., Kamala, V. and Jayakrishna, K. (2015). Application of fuzzy axiomatic design methodology for selection of design alternatives. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 13(1), 2-22.
58. Khandekar, A. V. and Chakraborty, S. (2015). Decision-making for materials selection using fuzzy axiomatic design principles. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 20(1), 117-138.
59. Khandekar, A. V. and Chakraborty, S. (2015). Selection of material handling equipment using fuzzy axiomatic design principles. *Informatica*, 26(2), 259-282.
60. Khandekar, A. V. and Chakraborty, S. (2016). Personnel selection using fuzzy axiomatic design principles. *Verslas: Teorija ir Praktika / Business: Theory and Practice*, 17(3), 251-260.
61. Kulak, O., Goren, H. G. and Supciller, A. A. (2015). A new multi criteria decision making approach for medical imaging systems considering risk factors. *Applied Soft Computing*, 35, 931-941.
62. Özel, B. (2008). *Bulanık aksiyomatik tasarım yaklaşımı ile hiyerarşik bir tedarikçi seçim modeli*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 36-42
63. Pappalardo, M. (2004). *Axiomatic approach in the analysis of data for describing complex shapes*. Proceedings of ICAD2004 The Third International Conference on Axiomatic Design, Seoul, 1-7.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ŞENTÜRK, Selahattin E.
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 30.10.1981, Ankara
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 (506) 516 08 90
 e-mail : senturksel@yahoo.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Endüstri Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi /Endüstri Mühendisliği	2003
Lise	Ankara İncirli Lisesi	1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2008-....	TÜBİTAK UZAY Enstitüsü	Uzman
2007-2008	Algorizma İş Yönetim Sist.	İş Anal. ve Sür. Gel. Uzm.
2005-2007	Estergon Osmanlı Sofrası	Cost Controller

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-

Hobiler

Tiyatro, İnternet-Bilgi Teknolojileri, Edebiyat, Alışveriş, Sinema.



GAZİ GELECEKTİR..