

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BULANIK ORTAMDA CHOQUET İNTEGRALI
KULLANILARAK TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME
MODELİ**

Endüstri Yük. Müh. Gökhan AYYILDIZ

**FBE Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği Programında
Hazırlanan**

DOKTORA TEZİ

Tez Savunma Tarihi : 23 Aralık 2009
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Nihan ÇETİN DEMİREL (YTÜ)
Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN (İTÜ)
: Doç. Dr. Semih ÖNÜT (YTÜ)
: Prof. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL (YTÜ)
: Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ (OKAN ÜNV.)

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
3. BULANIK ARİTMETİK ve CHOQUET İNTEGRALI	14
3.1 Bulanık Aritmetik	14
3.2 Aralık Değerli Bulanık Ölçüler	16
3.3 λ -Bulanık Değeri Tanımlama Yöntemleri	17
3.3.1 Singleton Bulanık Değer Oranı Standardı	17
3.3.2 Shapley Değer Standardı	18
3.3.3 Girdi Sayısı Standardı	18
3.4 Choquet İntegrali	19
3.5 Aralık Değerli Choquet İntegrali	20
3.5.1 Zayıf Sıra Operatörü	20
3.5.2 Tercihlerin Gösterimi	21
3.5.3 Aralık Değerler	22
3.5.4 Aralık Değer Açılımı	23
3.5.5 Tercihlerin Aralık Değerleri	23
4. GENELLEŞTİRİLMİŞ CHOQUET BULANIK İNTEGRALI	25
4.1 Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegralinin Karakteristikleri	25
4.2 Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegrali Algoritma Yapısı	26
4.3 2-toplamlı Choquet İntegrali Toplanma Operatörü	28
5. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME ARAÇLARI	30
5.1 Bulanık AHP Yöntemi	30
5.1.1 Laarhoven ve Pedrycz Yaklaşımı	31
5.1.2 Buckley Yaklaşımı	31
5.1.3 Chang Yaklaşımı	31
5.2 Analitik Şebeke Prosesi (ANP) Yöntemi	34

5.2.1	ANP'nin avantajları	35
5.2.2	ANP'nin dezavantajları	35
5.3	Bulanık Tercih Programlama Yöntemi	35
5.4	Bulanık Analitik Şebeke Prosesi	38
6.	SİSTEM DİNAMİĞİ.....	40
6.1	Genel Tanım ve Literatür Araştırması.....	41
6.2	Sistem Dinamiği Modelleme Yaklaşımı	43
6.3	Sistem Dinamiği Simülasyon Modeli.....	44
6.4	Tedarik Zinciri Yönetiminde Sistem Dinamiği Modelleme Sistemi.....	45
7.	TEDARİKÇİ SEÇME ve DEĞERLENDİRME SİSTEMLERİ	48
7.1	Tedarikçi Seçiminde Karar Verme	48
7.2	Alıcı Firma ve Tedarikçi İlişkileri	49
7.2.1	Rekabetçi Yaklaşım	50
7.2.2	İşbirlikçi Ortaklık	50
7.3	Tedarikçi Seçiminde Karar Süreci Karakteristikleri	51
7.4	Tedarikçi Seçiminde Kullanılan Modeller	53
7.4.1	Problem Tanımlama ve Ölçütlerin Formülizasyonu için Karar Modelleri.....	53
7.4.2	Uygun Tedarikçilerin Ön Değerlendirilmesinde Kullanılan Karar Modelleri .	54
7.4.2.1	Sınıfsal Yöntemler	54
7.4.2.2	Veri Zarflama Analizi.....	55
7.4.2.3	Gruplandırma Analizi	55
7.4.2.4	Örnek Olay Tabanlı Kıyaslama	55
7.4.3	Son Karar Aşamasında Kullanılan Karar Modelleri.....	55
7.4.3.1	Ağırlıklandırılmış Modeller.....	56
7.4.3.2	Toplam Maliyet Modelleri.....	57
7.4.3.3	Matematiksel Programlama Modelleri	57
7.4.3.4	İstatistiksel Modeller	57
7.4.3.5	Yapay Zeka Temelli Modeller.....	57
8.	ÖNERİLEN TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME MODELİ	59
8.1	Tedarikçi Değerlendirme Ölçütleri.....	61
8.1.1	Genel Tedarikçi Kriterleri	62
8.1.1.1	Fiyat	62
8.1.1.2	Coğrafi Konum	62
8.1.1.3	Kalite	63
8.1.1.4	Mali Durum	64
8.1.1.5	Esneklik	65
8.1.2	Üretim Kapasitesi	65
8.1.2.1	Tekstil Sektöründeki Yeri.....	65
8.1.2.2	Geçmiş Performansı	65
8.1.2.3	Müşteri İhtiyaçlarını Karşılama.....	66
8.1.3	Lojistik.....	67
8.1.3.1	Teslimat Performansı.....	67
8.1.3.2	Paketleme	68
8.1.4	İşbirliği, Hizmet ve Destek.....	68
8.1.4.1	İlişkilerin Yakınlığı	68

8.1.4.2	Anlaşmazlıkların Çözümlemesi.....	69
8.1.4.3	Renk Çalışması Süreci.....	69
8.2	Bulanık Sayılı Choquet İntegrali Algoritma Yapısı ile Tedarikçi Performansının Değerlendirilmesi.....	70
8.3	Bağımlılık ve Geri Beslemelerin Belirlenmesi.....	79
8.3.1	Boyalı İplik Fireleri	79
8.3.2	Boyalı İplik Fiyatları	80
8.3.3	Terminler	80
8.3.4	Kapasite	80
8.3.5	Tolerans Payı	81
8.3.6	Müşteri İlişkileri	81
8.4	Bulanık ANP ile Tedarikçi Performansının Değerlendirilmesi.....	83
8.5	Lineer Programlama Modeli ile Değerlendirme.....	88
8.6	Duyarlılık Analizi	91
9.	SONUÇ ve ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR.....		96
EKLER		105
Ek 1	Tedarikçilerin 01.01.07-01.03.07 arası sipariş verileri.....	106
Ek 2	Superdecisions ile ANP'nin duyarlılık analizi	118
Ek 3	Tedarikçi-2 ve Tedarikçi-3 için normalleştirilmiş tedarikçi performansı	120
Ek 4	LP probleminin Microsoft Excel Solver kullanılarak çözümü.....	122
ÖZGEÇMİŞ		123

SİMGE LİSTESİ

a_i	Fire model parametresi
a_i	Bulanık ölçüte ait alternatifler
α	Bulanık sayılarda kesim değeri
$\tilde{A}$	A bulanık kümesi (yamuk bulanık sayısı)
A^α	$\tilde{A}$ 'nın α -kesim kümesi
A_L^α	A^α kümesinin α seviyesindeki alt güven sınırı
A_U^α	A^α kümesinin α seviyesindeki üst güven sınırı
$\tilde{A}_i$	Ortalama önemlilik derecesi
$\tilde{A}_i'$	Önemlilik derecesini gösteren bulanık sayı
b_i	Fiyat model parametresi
c_i	Termin model parametresi
c_j	Bulanık küme olarak kabul edilen ölçüt
$c_{(i)}$	Shapley yönteminde ölçüt
d_i	Kapasite model parametresi
e_i	Tolerans payı model parametresi
$\tilde{e}_i$	Ortalama tolerans aralığı
$\tilde{e}_i'$	Tedarikçi performansının tolerans aralığını gösteren bulanık sayı
$\bar{e}_i^\alpha$	Tolerans aralığının α -seviye kesimi
f_i	Aylık ziyaret sayısı model parametresi
$\tilde{f}$	Bulanık değerli fonksiyon
$\bar{f}$	Aralık sayılı fonksiyon
$f(x)$	Primal problemin amaç fonksiyonu
φ	Gerçel fonksiyonun aralık değer açılım fonksiyonu
$\tilde{F}(S)$	Bulanık değerli fonksiyonların kümesi
$\bar{F}(S)$	Aralık sayılı fonksiyonların kümesi
$F(S)$	Tüm ölçülebilir fonksiyonların kümesi
g_i	i nesnesini ele alan bulanık ölçü
$\tilde{g}$	Bulanık sayılı bulanık ölçü
$\bar{g}$	Aralık sayılı bulanık ölçü
$g(A_{(i)})$	Sugeno'nun λ -bulanık değeri
$g(w)$	Dual problemin amaç fonksiyonu
H_{σ_k}	Her bir simpleks yöntemin klasik ağırlıklı ortası
$I(R^+)$	Aralık (interval) sayılar kümesi
I_{ij}	Aralık değer göstergesi
$I_{(i)(j)}$	$c_{(i)}$ ve $c_{(j)}$ ölçütleri arasındaki ilişki
$\xi I(B)$	i ve j ölçütlerinin arasındaki etkileşim ifadesi
II	Gerçel aralık değerler kümesi
i	GCBİ algoritmasında ana ölçüt
j	GCBİ algoritmasında alt ölçüt
k	LP modelinde sipariş miktarı için istenen sabit değer
k	Karar verici sayısı
l	LP modelinde sipariş miktarı için istenen sabit değer
l_n	n sayıda ölçütün değerlendirildiği sıralı nitel ölçek

λ	Bulanık sayılarda kesim değeri
m	Sipariş miktarı
m	Ana ölçüte bağlı alt ölçüt sayısı, primal kısıt denklemi sayısı
$m_k (R_k w)$	Doğrusal üyelik fonksiyonu
μ	Beklenen performans değeri
μ_λ	Beklenen bulanık değer
$\mu_{\tilde{A}}(x)$	Bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu
$\mu_D(a_i)$	Toplanma fonksiyonu (alternatiflerin beklenen değeri)
$M(S)$	Bütün g bulanık ölçülerinin kümesi
$\tilde{M}(S)$	$\tilde{g}$ bulanık sayılı bulanık ölçülerin kümesi
$\bar{M}(S)$	$\bar{g}$ aralık sayılı bulanık ölçülerin kümesi
$M_{g_i}^j$	Üçgen bulanık sayı değeri
n	Primal değişken sayısı
n_j	Toplam ölçüt sayısı
p_i	Toplam performans değeri
$\tilde{p}_i$	Ortalama tedarikçi performansı
$\tilde{p}_i^t$	Tedarikçi performansını gösteren bulanık sayı
$\bar{p}_i^\alpha$	Tedarikçi performansının α -seviye kesimi
P^k	Performans vektörü
$P(S)$	Kuvvet kümesi
$\tilde{R}^+$	Tüm bulanık sayılar kümesi
s_{11}	Ölçüt parametresi
$sh_i(\mu_\lambda)$	μ_λ bulanık değerinin i . değerlendirme parçası olan Shapley değeri
S_i	Bulanık yapay büyüklük değeri
t	Karar verici
T_m	m sayıda tedarikçi performans değeri
T_{CI}	2-toplamlı Choquet integral değeri
v_i	Her bir ölçütün diğerlerine nazaran göreceli önemini gösteren Shapley indisi
$v_{(i)}$	$c_{(i)}$ ölçütünün göreceli önemi
v_{ij}	Bulanık ölçütlere ait alternatiflerin üyelik derecesi
w_i	Dual değişken
w_j	j ölçütüne ait ağırlık değeri
W	Ağırlıklandırma vektörü
$\bar{x}$	Gerçel aralık değer üst sınırı
$\underline{x}$	Gerçel aralık değer alt sınırı
y	Toplam tedarikçi performans değeri
$\tilde{Y}$	Toplam tedarikçi performansı bulanık değeri
$Zarf(\rho)$	Gerçel aralık değeri ifade eden konveks zarfı
$\succeq_i$	Zayıf sıra operatörü
$\tilde{\leq}$	Bulanık olarak küçük ya da eşit

KISALTMA LİSTESİ

AD	Az düşük
ADA	Aralık Değer Aritmetiği
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ANP	Analytic Network Process
AÖL	Az önemli
AÖZ	Az önemsiz
AR-GE	Araştırma-Geliştirme
AY	Az yüksek
BOCR	Benefits Opportunities Costs Risks
BTP	Bulanık Tercih Programlama
CBR	Case Based Reasoning
ÇD	Çok düşük
ÇÖL	Çok önemli
ÇÖZ	Çok önemsiz
ÇY	Çok yüksek
D	Düşük
FANP	Fuzzy ANP
FD	Fazla düşük
FÖL	Fazla önemli
FÖZ	Fazla önemsiz
FPP	Fuzzy Preference Programming
FY	Fazla yüksek
GCBİ	Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegrali
INF	Interval Number Fuzzy
LOWA	Linguistic Ordered Weighted Average
LP	Lineer Programlama
LWA	Linguistic Weighted Averaging
LWC	Linguistic Weighted Conjunction
LWD	Linguistic Weighted Disjunction
MCDM	Multi Criteria Decision Making
MIP	Mix Integer Programming
MP	Matematiksel Programlama
NDD	Nedensel Döngü Diyagramı
O	Orta
OWA	Ordered Weighted Average
ÖL	Önemli
ÖZ	Önemsiz
SD	Sistem Dinamiği
SDSM	Sistem Dinamiği Simülasyon Modeli
SERVQUAL	Service Quality
TD	Toplam Değer
TMM	Toplam Maliyet Modelleri
TOPSIS	The technique for order performance by similarity to ideal solution
TZÜ	Tam Zamanında Üretim
TZY	Tedarik Zinciri Yönetimi
UTA	Utilités Additives
VZA	Veri Zarflama Analizi
WA	Weighted Average

WIP	Work in Process
Y	Yüksek
YA	Yöneylem Araştırması

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	Bulanık değer ve bulanık integral.....	17
Şekil 3.2	Girdi sayısı standardı ($\omega_1=2$, $\omega_2=3$ ve $\omega_3=1$ örneği için).....	18
Şekil 4.1	Toplam tedarikçi performansının hiyerarşik yapısı.....	28
Şekil 5.1	M_1 ve M_2 'nin kesişimi.....	33
Şekil 5.2	Bütünleşik bulanık karar destek sistemi (Mikhailov ve Singh, 2003).....	39
Şekil 6.1	İmalat sisteminde nedensel döngü diyagramı (Tsfamariam ve Lindberg, 2005) .	44
Şekil 6.2	Üretim akışında kalite güvenilirliği ve uygunluğu için NDD (Tsfamariam ve Lindberg, 2005)	45
Şekil 6.3	Tedarik zinciri modeli (Forrester, 1961)	46
Şekil 8.1	Tedarikçi değerlendirme modeli için akış diyagramı	61
Şekil 8.2	Dört ana ölçütlü toplam tedarikçi performansının hiyerarşik yapısı	78
Şekil 8.3	Tedarik zincirindeki faaliyetlerin nedensel döngü diyagramı	80
Şekil 8.4	Bağımlılık ve geri beslemeli hiyerarşi yapısı	82
Şekil 8.5	Superdecisions ile kurulan model.....	83
Şekil 8.6	Ölçütlerin Değerlendirilmesi alt ağ yapısı.....	84
Şekil 8.7	Tedarikçi-1 için Bağımlı Olmayan Ölçütler kümesinde ikili karşılaştırma	85
Şekil 8.8	Fiyat ölçütü için Alternatifler kümesinde ikili karşılaştırma	86
Şekil 8.9	Limit süper matrisi	86

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Tedarikçi seçimi ölçütlerinin literatür araştırması (Güneri vd., 2009)	4
Çizelge 2.2	MCDM'nin kullanıldığı bulanık sonuçlu toplanma operatörleri.....	6
Çizelge 2.3	MCDM'nin kullanıldığı kesin sonuçlu toplanma operatörleri	8
Çizelge 2.4	Sözel sıralama değerleri için toplanma operatörleri	9
Çizelge 3.1	Dokuz sözel terim ölçeğinde yamuk bulanık sayılar ve dilsel önem dereceleri arasındaki ilişki (Delgado vd., 1998).....	15
Çizelge 6.1	Model geliştirme aşamaları (Angerhofer ve Angelides, 2000)	47
Çizelge 7.1	Alıcı firma-tedarikçi ilişkileri (Lamming vd., 1996).....	49
Çizelge 7.2	Tedarikçi seçim yapısı (De Boer vd., 2001)	52
Çizelge 8.1	Tekstil sektöründe tedarikçi değerlendirme ölçütleri	70
Çizelge 8.2	Tek karar verici örneği üzerinden sözel ifadeler	71
Çizelge 8.3	Nicelikselleştirilmiş beklenen tedarikçi performansı, önemlilik dereceleri ve seçilen tedarikçi performansı (tek karar verici için).....	72
Çizelge 8.4	Ortalama beklenen tedarikçi performansı, önemlilik dereceleri ve seçilen tedarikçi performansının yamuk bulanık sayılar ile gösterimi (tek karar verici için).....	73
Çizelge 8.5	$\alpha = 0$ için tedarikçi performansı (sadece Tedarikçi-1 için)	74
Çizelge 8.6	$\alpha = 1$ için tedarikçi performansı (sadece Tedarikçi-1 için)	75
Çizelge 8.7	$\alpha = 0, 1$ için toplam tedarikçi performansı (sadece Tedarikçi-1 için)	76
Çizelge 8.8	Genelleştirilmiş Choquet bulanık integrali kullanılarak seçilmiş üç tedarikçinin toplam performanslarının durulaştırılması	77
Çizelge 8.9	Model parametrelerinin değerlendirilmesi	81
Çizelge 8.10	Ölçütler arasındaki bağımlılıklar ve geri beslemeler	81
Çizelge 8.11	Tedarikçi-1 için değerlendirme	86
Çizelge 8.12	Tedarikçi-2 için değerlendirme	87
Çizelge 8.13	Tedarikçi-3 için değerlendirme	88

ÖNSÖZ

Günümüzde tedarik zincirindeki satın alma fonksiyonu birçok firma için zorlu bir süreç olmaktadır. Uluslar arası rekabet koşullarına uyma zorunluluğu da giderek artmaktadır. Satın alma kararları satın alma sürecindeki görünen artıştan sonra daha fazla önem kazanmıştır. Firmalar tedarikçilerine daha da bağımlı hale gelirken verilen yanlış kararların direkt ve dolaylı etkileri daha ciddi sorunlara yol açmaktadır. İşletmelerin başarılı bir şekilde faaliyet göstermeleri önemli ölçüde tedarik fonksiyonunun uygun işleyiş gösterebilmesine bağlıdır. Tedarik süreci bu açıdan tüm işletmeler için büyük önem arz etmektedir. Tedarikçi seçimi alıcı firmaların vereceği en önemli kararlardan biridir. Uygun bir tedarikçinin seçimi envanter yönetimi, üretim planlama ve kontrolü, nakit akışı ve ürün kalitesi gibi konuları sürekli olarak etkileyeceğinden büyük önem taşır.

Bu tez çalışması kapsamında, tedarikçi seçiminde karar vericiler açısından ölçütler arasındaki bağımlılık ilişkisi üzerinde durularak Choquet bulanık integralinden yararlanılmıştır. Kurulan LP modeli sayesinde karar vericilerin, hangi tedarikçiler ile hangi şartlarda çalışması gerektiği hakkında fikir verilmektedir. Böylece yapılan çalışmanın sadece bir tedarikçi seçiminden daha çok, tedarikçi değerlendirme modeli olması özelliğiyle tekstil sektörü gibi birden fazla tedarikçi ile çalışma zorunluluğu olan yöneticilere yol gösteren bir kaynak sağlaması hedeflenmiştir.

Tez çalışmasını hazırlama sürecimde her konuda yardımcı olan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Nihan ÇETİN DEMİREL'e teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans tezimde olduğu gibi doktora tezimin ortaya çıkmasında da büyük etkisi olan değerli hocam Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN'a, üzerimdeki emekleri ve değerli katkıları için şükranlarımı sunarım. Tezin eksik yönlerinin ortaya çıkarılması ve giderilmesi konusunda katkıları bulunan sayın hocam Doç. Dr. Semih ÖNÜT ve Yrd. Doç. Dr. Tufan DEMİREL'e çok teşekkür ederim. Tezimin uygulama bölümündeki verileri elde ettiğim çalışmakta olduğum Fikri Örne San. ve Tic. Ltd. Şti.'nin başta sahibi Fikri KURT olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür etmek isterim. Ayrıca, sürekli motivasyon sağlayan başta annem ve babam olmak üzere aileme ve bu çalışmanın her safhasında fedakarlıktan kaçınmayan arkadaşım Atakan YÜCEL'e teşekkür ederim.

Ağustos, 2009

Endüstri Yüksek Müh. Gökhan AYYILDIZ

ÖZET

Envanter yatırımı, teslim zamanı ve nakliye maliyetlerinde bir azalmayı sağlayacak; aynı zamanda da geleceğe yönelik tahminlerin doğruluğunu ve müşteri hizmet seviyesini arttıracak şekilde uygun tedarikçi seçiminin gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Uygun tedarikçi seçiminde birtakım finansal olan ve olmayan, soyut ve somut, iç ve dış faktörlerin etkisi göz önünde bulundurulacağından çok ölçütlü karar verme araçlarından birini kullanmanın gerekli olduğu tespit edilmiştir. Literatürde, birçok ölçüt, alt-ölçüt ve belirleyicilerin söz konusu olduğu, karar ölçütleri seviyelerinin birbiri ile bağımlı olduğu ve birçok ölçütün dilsel olarak ifade edilemediği müphem durumlarda AHP'den üstün yönleri de dikkate alınarak Bulanık ANP yönteminin tercih edildiği görülmektedir. Bunun yanında birbiri ile bağımlı olan ölçütler arasındaki ilişkinin derecesini ölçmek için Choquet integralinin kullanımı yaygınlaşmıştır.

Çok ölçütlü karar vermede ağırlıklı olarak kullanılan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Analitik Şebeke Prosesi (ANP) yöntemlerinde yapılan hesaplama ve ikili karşılaştırma matrislerinin yoğunluğundan arındırılarak, tedarikçi seçimine farklı bir açıdan geliştirmek ve kurulan tedarikçi değerlendirme modeli sayesinde birbiri ile bağımlı olan ölçütlerin değerlendirilmesinde Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegrali (GCBİ) kullanılarak daha etkin sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

Birbiri ile bağımlı olan ölçütlerin Sistem Dinamiği Simülasyon Modeli (SDSM) ile belirlenmesi, bu ölçütlerin bulanık ortamda ANP yönteminde kullanılması, bulunan değerlerin GCBİ algoritmasında elde edilen değerler ile karşılaştırılması ve bir alternatif seçimi üzerindeki etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir.

En iyi alternatifi belirlemenin yanı sıra GCBİ algoritmasından elde edilen katsayı değerleri kullanılarak, kurulan Lineer Programlama (LP) modeli ile tekstil sektöründeki bir işletmenin çalıştığı tedarikçileri arasında siparişleri en uygun şekilde dağıtması sağlanmış ve kullanılan yöntem ve kurulan modelin pratikte uygulanabilirliği doğrulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Bulanık Choquet integrali, bulanık küme teorisi, çok ölçütlü karar verme, bulanık ANP, sistem dinamiği, tedarikçi değerlendirme, lineer programlama.

ABSTRACT

SUPPLIER EVALUATION MODEL USING FUZZY CHOQUET INTEGRAL

The necessity of appropriate supplier selection has been discovered in case of diminishing inventory investment, lead time and transporting costs, meanwhile increasing the exactness of future assumptions and customer service levels. It is determined that the necessity of using one of the multi-criteria decision making (MCDM) tools, taking into consideration the effect of financial and unfinancial, tangible and intangible, inside and outside factors in an appropriate supplier selection. In literature, with the better aspects than the AHP method, in question of many criteria, sub-criteria and indicators, dependence of decision criteria levels and if there is no possibility to explain the criteria as a linguistic variable in fuzzy cases, fuzzy ANP method is preferred. However, Choquet integral is a more commonly used method to measure the dependence of criteria among relationship levels.

Condensation of calculation and comparative matrices, which are more frequently used in MCDM as fuzzy Analytic Hierarchy Process (AHP) and fuzzy Analytic Network Process (ANP) methods, exposing a different strategy in supplier selection and using the Generalized Choquet Fuzzy Integral (GCFI) with the proposed supplier evaluation model in which the dependent criteria are evaluated, more effective results are obtained.

Dependent criteria are determined by using System Dynamics Simulation Model (SDSM). These criteria are used in fuzzy ANP method, the results are compared with values gained from the GCFI algorithm and the effect of an alternative selection is taken into account.

Not only determining the best alternative, but also using the coefficient values from the GCFI algorithm, a linear programming (LP) model is proposed. It is obtained that a firm in textile sector has been shared orders among suppliers in an appropriate manner. Thus, the applicability of the methodology and models is validated with a real application.

Keywords: Fuzzy Choquet integral, fuzzy set theory, multi-criteria decision making, fuzzy ANP, system dynamics, supplier evaluation, linear programming.

1. GİRİŞ

Envanter yatırımı, teslim zamanı ve nakliye maliyetlerinde bir azalmayı sağlayacak; aynı zamanda da geleceğe yönelik tahminlerin doğruluğunu ve müşteri hizmet seviyesini arttıracak şekilde uygun tedarikçi seçiminin gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Uygun tedarikçi seçiminde birtakım finansal olan ve olmayan, soyut ve somut, iç ve dış faktörlerin etkisi göz önünde bulundurulacağından çok ölçütlü karar verme araçlarından birini kullanmak uygun olacaktır.

Birçok ölçüt, alt-ölçüt ve belirleyicilerin söz konusu olduğu, karar ölçütleri seviyelerinin birbiri ile bağımlı olduğu ve birçok ölçütün dilsel olarak ifade edilemediği müphem durumlarda AHP'den üstün yönleri de dikkate alınarak Bulanık ANP yöntemi tercih edilmiştir. Bunun yanında birbiri ile bağımlı olan ölçütler arasındaki ilişkinin derecesini ölçmek için Choquet integralinin kullanımı yaygınlaşmıştır.

Tedarikçi seçimi, birtakım birbiriyle çatışmalı faktörden etkilenen çok ölçütlü karar verme (MCDM) problemi olduğundan, satın alma yöneticisinin analiz etmesi gereken birtakım ölçütler bulunmaktadır. Alternatif kümeleri arasından değerlendirme yapacak olan karar vericileri destekleyen MCDM teknikleri bu konuda önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, satın alma koşullarına bağlı olarak ölçütlere önem derecelerine göre ağırlık verilir (Amid vd., 2006).

Sugeno (1974) tarafından ortaya koyulan bir esnek bütünlük operatörü olan Choquet integrali ağırlıklı ortalama metodu, sıralı ağırlıklı ortalama operatörü ve maks-min operatörünün genelleştirilmiş bir şeklidir.

Standart bir Choquet integralini genelleştirilmiş versiyonundan ayıran nokta girdi ve çıktıların gerçel sayılar olmasıdır. Auephanwiriyakul vd. (2002) tarafından önerilen genelleştirilmiş Choquet integralinde ölçülebilir değerler olarak kullanılan aralıklar (bulanık ölçüler) gerçel sayılardır. Choquet integralinin başarısı, bireysel ölçütlerin önemini ya da bunların kombinasyonunu yakalayan uygun bir bulanık ölçü gösterimine dayanmasıdır.

Bu çalışmada; çok ölçütlü karar vermede ağırlıklı olarak kullanılan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Analitik Şebeke Prosesi (ANP) yöntemlerinde yapılan hesaplama ve ikili karşılaştırma matrislerinin yoğunluğundan arındırılarak, bir alternatif seçiminde birbiri ile bağımlı ölçütlerin değerlendirilmesinde Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegrali (GCBİ) kullanılarak daha etkin sonuçlar elde edilmeye çalışılacaktır.

Bölüm 2’de tedarikçi seçimi konusunda yapılan çalışmalara, Çok Ölçütlü Karar Verme (MCDM) yöntemlerini uygulayan yazarların çalışmalarına ve son olarak da Choquet integrali kullanılarak yapılan çalışmalara geniş olarak yer verilecektir.

Bölüm 3’te bulanık aritmetik, bulanık ölçü kavramı, aralık değer aritmetiği, aralık değerli bulanık ölçüler hakkında bilgiler verilecektir. Bulanık ölçüler kavramına bağlı olarak Choquet integrali tanımlanacak ve başlıca özellikleri üzerinde durulacaktır.

Bölüm 4’te Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegrali (GCBİ) tanımlanacak ve GCBİ karakteristiği verilen önermeler ile açıklanacaktır. Sekiz adımdan oluşan algoritma yapısı verilecektir.

Bölüm 5’te MCDM araçlarından en sık kullanılan yöntemler olan Bulanık AHP ve Bulanık ANP’nin temel özellikleri, problem çözümündeki avantaj ve dezavantajları üzerinde durulacaktır.

Bölüm 6’da sistem dinamiğinin genel tanımı verilerek, literatürde son dönemde yapılan çalışmalara değinilecektir. Sistem dinamiği modelleme yaklaşımı ve tedarik zinciri yönetiminde kullanılan sistem dinamiği modelleme sistemi hakkında bilgi verilecektir.

Bölüm 7’de tedarikçi seçme ve değerlendirme sistemleri ele alınacaktır. Tedarikçi seçiminde karar verme süreci, alıcı firma ile tedarikçi ilişkileri ve tedarikçi seçiminde kullanılan karar modelleri üzerinde durulacaktır.

Bölüm 8’de önerilen tedarikçi değerlendirme modeli oluşturulacaktır. Tekstil sektöründeki bir işletmenin satın alma, üretim planlama ve pazarlama bölümlerinde çalışan üç deneyimli karar verici tarafından belirlenen tedarikçi değerlendirme ölçütleri kullanılarak Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegrali (GCBİ) algoritması ile en iyi tedarikçi belirlenecektir. Sonucun tutarlılığının sağlanması ve karşılaştırma yapmak amacıyla, tedarikçi seçme problemi Bulanık ANP yöntemi ile de çözülecektir. Bulanık

ANP yönteminde kullanılacak olan bağımlı ölçütler Sistem Dinamiği Simülasyon Modeli (SDSM) ile belirlenecektir. Bulanık ANP'den elde edilen değerler ile GCBİ algoritmasından elde edilen değerler karşılaştırılacak ve bir alternatif seçimi üzerindeki etkisi incelenecektir.

En iyi alternatifi belirlemenin yanı sıra GCBİ algoritmasından elde edilen değerler ile sistem dinamiği model parametrelerinden elde edilen katsayı değerleri kullanılarak, kurulacak Lineer Programlama (LP) modeli ile tekstil sektöründeki bir işletmenin çalıştığı tedarikçileri arasında siparişleri en uygun şekilde dağıtması sağlanacaktır.

Choquet integrali ile alternatif seçimine ilişkin sınırlı sayıda çalışma olduğu ve tedarikçi seçimine ilişkin yayın bulunmadığından, karşılaştırma olanağı sağlanması ve elde edilen sonuçlara ilişkin değerlendirme yapılmasından dolayı literatüre katkı sağlayacak bir çalışma olması hedeflenmektedir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Dickson (1966), satın alma yöneticilerinin yapmış olduğu bir araştırmaya dayanarak ilk defa tedarikçi seçimine ilişkin 23 ölçütü tanımlamış ve analiz etmiştir. Kalite ölçütünün dağıtım ve geçmiş performansın önünde en önemli ölçüt olduğunu ortaya koymuştur.

Tedarikçi seçimi çalışmalarında kullanılan ölçütler Çizelge 2.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 2.1 Tedarikçi seçimi ölçütlerinin literatür araştırması (Güneri vd., 2009)

Değerlendirme Ölçütleri	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Fiyat	X	X	X	X	X	X	X	X		
Kalite	X			X	X		X	X	X	
Dağıtım	X	X		X	X		X	X		
Sigorta ve yasal haklar	X	X								
Satış sonrası hizmet	X	X	X	X				X		
Teknik destek		X	X					X		
Eğitim yardımları	X	X		X						
Tutum-davranışlar	X		X	X						
Geçmiş performans	X			X				X		
Finansal pozisyon	X	X		X				X	X	
Coğrafi konum	X			X				X		
Yönetim ve organizasyon	X			X						
Çalışan ilişkileri	X			X						
İletişim sistemi	X			X				X		X
Müşteri ihtiyaçlarına yanıt verme		X						X		
E-iletişim yeterliliği					X	X				
Teknik yeterlilik	X			X					X	
Üretim koşulları ve kapasitesi	X			X			X	X		
Paketleme	X			X						
Faaliyetlerin kontrolü	X			X						
Kolay kullanılabilirlik		X	X							
Bakım		X	X							
Geçmişteki işlerin miktarı	X	X		X						
Endüstrideki yeri ve konumu	X	X	X	X				X		X
Karşılıklı düzenlemeler	X			X						
Etkileme	X	X	X	X						
Çevre dostu ürünler					X					
Ürün görünümü						X				
Katalog tekniği						X				

Çizelge 2.1'in devamı...

Değerlendirme Ölçütleri	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
İlişkilerin yakınlığı									X	X
Anlaşmazlıkların çözümü									X	X
İstikrarlı politikalar								X		
Ekonomi								X		
Terörizm								X		

A, Dickson (1966); B, Lehmann ve O'Shaughnessy (1974); C, Abratt (1986); D, Weber vd. (1991); E, Min ve Galle (1999); F, Stavropoulos (2000); G, Ghodsypour ve O'Brien (2001); H, Chan ve Kumar (2007); I, Chen vd. (2006); J, Lin ve Chang (2008).

Tüm yazarlar tarafından ortak kullanılan ölçütler dışında; Stavropoulos'un (2000) çalışmasında ürün görünümü ve katalog tekniği, Lin ve Chang'ın (2008) çalışmasında ilişkilerin yakınlığı ve anlaşmazlıkların çözümü, Chan ve Kumar'ın (2007) çalışmasında istikrarlı politikalar, ekonomi ve terörizmin etkisi üzerinde durulmuştur.

Gaballa (1974), gerçek bir olayda matematik programlamayı kullanan ilk araştırmacıdır. Tam sayılı programlamayı satın alma, dağıtım ve envanter maliyetlerini minimize etmek için kullanmıştır.

Weber ve Current (1993), tedarikçi seçiminde birbiriyle çelişen ölçütlerin analizinde çok amaçlı bir yaklaşımı tercih etmiştir.

Ghodsypour ve O'Brien (1997), tedarik odaklı optimizasyon stratejisinde tedarikçi sayısını düşürmek için çok amaçlı bir karar destek sistemi oluşturmuştur.

Ghodsypour ve O'Brien (1998), satın alma faaliyetinde niteliksel ve niceliksel faktörleri birlikte ele alan bütünleşik bir AHP-LP modeli kurmuştur.

Karpak vd. (1999), maliyetleri düşürerek dağıtım güvenilirliği ve kaliteyi artıran hedef programlama modeli kurmuştur.

Degraeve ve Roodhooft (2000), matematik programlama ile toplam maliyet yaklaşımını ele alan bir model üzerinde durmuştur.

Ghodsypour ve O'Brien (2001) net fiyat, depolama ve sipariş maliyeti ve dağıtım içeren toplam lojistik maliyetini minimize edecek karmaşık tamsayılı doğrusal olmayan programlama yaklaşımını ele almıştır.

Lin ve Chang (2008), TOPSIS yöntemi ile siparişlerin alınması ve tedarikçi seçimi maliyetlerinin belirlenmesinde sabit ve esnek miktarlı MIP modeli üzerinde durmuştur.

Fayda yaklaşımı ele alındığında belirsizlik, genellikle ölçütlere bağlı olarak alternatiflerin bulanık değerlendirmeleri olarak anlaşılmaktadır. Ribeiro (1996), yaptığı çalışmada bulanık MCDM yöntemlerini özetlemiştir. Bu çalışmada ölçütlere bağlı olarak iki farklı yaklaşımı ayırt etmek mümkündür. İlkinde, c_j ölçütü bir bulanık küme olarak kabul edilirse, bu bulanık ölçüte göre a_i alternatiflerinin üyelik derecelerine göre v_{ij} değerleri belirlenir. Öte yandan, c_j ölçütünün olası değerleri belirsiz olarak kabul edilirse, v_{ij} değerleri sözel ifadeler haline gelir. Bu durumda her bir sözel ifade bulanık küme olur.

Günümüze kadar bulanıklık ile ilgili farklı yaklaşımların bir özeti, elde edilen sonuçların bulanık ve kesin olmasına göre Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'te verilmiştir. Bu Çizelgelarda “safha” sütunu, kullanılan yöntemin toplanma (aggregation) aşaması (I) ya da sıralama (II) safhası ile ilgili olduğunu göstermektedir. Diğer sütunlarda ise ölçütler ve ağırlıkların hangi değerlere sahip olduğu verilmiştir.

Çizelge 2.2 MCDM'nin kullanıldığı bulanık sonuçlu toplanma operatörleri

Toplanma kuralı	Safha	Ölçütler	Ağırlıklar	Yazarlar
Max-min	I + II	Bulanık	Kesin	Zadeh ve Bellman, 1970
Ağırlıklı Ortalama (WA)	I + II	Bulanık	Bulanık	Baas ve Kwakernaak, 1977
Max-min	I + II	Bulanık	Kesin/ Bulanık	Yager, 1978; 1981
WA – Tahmini genişleme prensibi	I	Bulanık	Bulanık	Dubois ve Prade, 1980
Hiyerarşik toplanma	I	Kesin	Kesin	Laarhoven ve Pedrycz, 1983
WA – Genişleme prensibi + α -kesimleri + aralık değerler	I	Bulanık	Bulanık	Dong ve Shah, 1985; Dong ve Wong, 1987

Zadeh ve Bellman (1970), toplanma sürecine max-min yaklaşımı ortaya koymuştur. Sonucu bir bulanık küme olan bu yöntemin üyelik fonksiyonuna ulaşmak için aşağıdaki toplanma fonksiyonu kullanılmaktadır:

$$\sum_j w_j = 1 \text{ için } \mu_D(a_i) = \min(w_1 * \mu_{c_1}(a_i), w_2 * \mu_{c_2}(a_i), \dots, w_n * \mu_{c_n}(a_i)) \quad (2.1)$$

Sıralama safhasında en büyük üyeliğe sahip olan a_i alternatifi seçilir.

Yager (1978;1981) temel olarak Bellman ve Zadeh'in ortaya koyduğu max-min prensibini kabul ederek, ölçütlerin önem derecelerinin üssel değerler olarak gösterildiği bir yöntem sunmuştur:

$$\alpha > 0 \text{ için } \mu_D(a_i) = \min(\mu_{c_1}(a_i)^{\alpha^1}, \mu_{c_2}(a_i)^{\alpha^2}, \dots, \mu_{c_n}(a_i)^{\alpha^n}) \quad (2.2)$$

Laarhoven ve Pedrycz (1983), Saaty'nin belirsizlikle ilgili AHP yönteminin bir varyasyonu olan yöntem ortaya koymuştur. İkili karşılaştırma matrislerinden elde edilen kesin değerleri bulanıklaştırmış ve bulanık sayılı matematiksel işlemlerden yararlanarak bir yaklaşım algoritması kullanmıştır.

Geri kalan yöntemlerde ağırlıklı ortalamayı kullanan araştırmacılar bulanık sayılarla ortalama değer bulabilmek için farklı hesaplama yöntemleri geliştirmişlerdir. Baas ve Kwakernaak (1977), problemi sürekli diferansiyel fonksiyona indirgeyerek ağırlıklı ortalamaya ulaşmıştır.

Dong, Shah ve Wong (1985;1987) aralık (interval) sayılı işlemleri kullanarak, bulanık kümelerin α -kesimlerinden bazıları ile ağırlıklı ortalamaları hesaplama prensibi geliştirmiştir.

Dubois ve Prade (1980), üçgen bulanık sayıları (l, m, u – alt (lower), orta (medium) ve üst (upper) sınırlar) kullanarak L-R tahmin yaklaşımını ortaya koymuştur.

Choquet (1968) ve Sugeno (1974) bulanık değerleri oluşturmak için bulanık integralleri tanımlayarak fikir birliğine varmıştır. Bulanık ölçülerden oluşan ağırlık değerleri; $f: S \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu ile tanımlanmış ve S'nin herhangi bir alt kümesinin önem derecesi de bu fonksiyondan elde edilmiştir.

Yager (1988), değerlere farklı ağırlıklar vererek ortalamasını alan OWA (Sıralı Ağırlıklı Ortalama) operatörünü kullanmıştır.

Tseng ve Klein (1992) ağırlıklı ortalama yöntemi üzerinden bulanık sözel değerleri sayısal değerlere dönüştüren durulaştırma süreci yaklaşımını ele almıştır.

Çizelge 2.3 MCDM'nin kullanıldığı kesin sonuçlu toplanma operatörleri

Toplanma kuralı	Safha	Ölçütler	Ağırlıklar	Yazarlar
Choquet integrali	I	Bulanık	Bulanık	Choquet, 1968
Sugeno integrali	I	Bulanık	Bulanık	Sugeno, 1974
OWA operatörleri	I + II	Bulanık	Bulanık	Yager, 1988
Ağırlıklı Ortalama (WA)	I	Bulanık	Bulanık	Tseng ve Klein, 1992
Kanıtlanabilen mantıksal kural	I + II	Bulanık	Bulanık	Baldwin, 1994
Hiyerarşik toplanma (Bulanık AHP)	I + II	Bulanık	Bulanık	Chang, 1996
Şebeke Yapısı ile Tercih Programlama (Bulanık ANP)	I + II	Aralık değer/ Bulanık	Aralık değer/ Bulanık	Mikhailov ve Singh, 2003

Baldwin (1994) ise daha basit bir ağırlıklı ortalama önermiştir. Ölçütten tatmin olma seviyesini belirlemek için sözel bir süzgeç kullanmıştır. Kullandığı bulanık kümelerle ait sözel süzgeçlerden bazıları “fazla”, “hepsi”, “birkaç” vb.

Chang (1996), kullandığı genişletilmiş analiz yöntemine göre her bir nesneyi ele alarak her hedef için g_i değerleri oluşturmuştur. Bulanık AHP yöntemi (üçgen bulanık sayılardan yararlanmıştır) ile çözüme ulaşmıştır.

Mikhailov ve Singh (2003), tutarsız aralık ya da bulanık hükümlerin uygulandığı kesin önceliklerin belirlendiği bulanık tercih programlama yöntemini (FPP) kullanarak ANP'nin önceliklendirme vektör yapısına bulanık bir bakış açısı sağlamıştır.

Bunların dışında bir başka yaklaşım da bulanık kümeler ya da olasılık teorisinin kullanılması yerine, bulanık ölçütlerin sözel değerler olarak ifade edilmesidir. Bu yaklaşıma ait yöntemler ve yapılan çalışmalar Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4 Sözel sıralama değerleri için toplanma operatörleri

Toplanma kuralı	Safha	Ölçütler	Ağırlıklar	Sonuç	Yazarlar
Çokluk kuralı	I	Sözel sıralama	Kesin	Sözel etiket kümesi	Roberts, 1991
LOWA – LWD, LWC, LWA	I + II	Sözel sıralama	Kesin/Sözel sıralama	Sözel etiket	Herrera ve Herrera-Viedma, 1997
WM – Sıralı OWA	I + II	Sözel sıralama	Kesin	Sözel etiket	Yager, 1998
Sugeno integrali	I	Sözel sıralama	Sözel sıralama	Sözel sıralama	Marichal ve Roubens, 1999
QWM, QOWA, QWOWA, QChoquet integrali	I + II	Sözel sıralama	Sözel sıralama	Sözel etiket	Godo ve Torra, 2000; 2001
Genelleştirilmiş Choquet integrali + aralık değer	I	Sözel sıralama	Aralık değer/ Bulanık	Sözel etiket	Auephanwiriyakul vd., 2002
Choquet integralinin bulanık açılımı + λ -bulanık ölçü + hiyerarşik yapı	I + II	Sözel sıralama	Bulanık	Sözel etiket	Tzeng vd., 2004
Choquet integralinin bulanık açılımı	I + II	Sözel sıralama	Bulanık	Sözel etiket	Meyer ve Roubens, 2005
Genelleştirilmiş Choquet integrali + SERVQUAL + olasılık/gereklilik modeli	I + II	Sözel sıralama	Bulanık	Sözel etiket	Tsai ve Lu, 2006

Her bir ifadenin bulanık kümeye karşılık geldiği belirli bir kümede, verilen orijinal değerler sözel etiketler olarak ele alındığında orijinal terimlerden oluşan kümede yer alan sözel ifadelerden hiçbirine belirlenen bulanık küme elemanları karşılık gelmeyebilir. Bu nedenle, en uygun sözel ifadeyi bulabilmek için sözel tahmin sürecine

ihtiyaç duyulur. Bu süreçte, üyelik fonksiyonuna en yakın ya da yaklaşık olan bir etiket bulunmaya çalışılır (Herrera ve Herrera-Viedma, 1997).

Çokluk kuralı ya da çokluk fonksiyonu olarak bilinen yaklaşım en sık rastlanan etiketin seçilmesinden oluşur. Aslında tek bir sonuçtan ziyade, bir sözel etiketler kümesine karşılık gelir (Mateu, 2002).

LOWA (Sözel Sıralı Ağırlıklı Ortalama) operatörü, OWA operatörünün sözel versiyonudur (Yager, 1998). Sıralı sözel ifadelerin altını çizen tamamen sayısal bir ölçekten meydana gelir. $L=\{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ olmak üzere tüm ölçütlerin sıralı nitel ölçekte değerlendirildiği, a_i alternatifi ve W ağırlıklandırma vektörü ile aşağıdaki gibi tanımlanır:

$w_i \in [0,1]$ ve $\sum_j w_j = 1$ olmak üzere $m>2$ için aşağıdaki eşitlik kurulur.

$$C^m(W, v_i) = C^2\left((w_1, 1-w_1), (a_{i, \sigma(i)}, C^{m-1}(W', v_i'))\right) \quad (2.3)$$

LWD (Sözel Ağırlıklı Ayırıştırma), LWC (Sözel Ağırlıklı Birleştirme) ve LWA (Sözel Ağırlıklı Ortalama) her bir ölçüt için sözel ağırlıkları inceleyen operatörlerdir. Herrera ve Herrera-Viedma (1997), çalışmalarında T-conorm ve T-normlarını esas alan Yager'in min ve max operatörlerini takip eden formülasyonlara yer vermiştir.

Nitel değerler için oluşturulan Yager (1998) operatörlerinin temeli medyana dayanmaktadır. Toplanma işlemi uygulanacak diğer değerler arasında sonucun medyan (orta) pozisyonunda olacağı fikrine dayanır. Aslında ağırlıklı ortalamaya karşılık gelen Ağırlıklı Medyan (WM); OWA tanımında klasik aritmetik anlamdaki ağırlıklı orta ile Sıra LOWA operatörü yer değiştirmiş olmaktadır (Mateu, 2002).

Wu vd. (1998), Sugeno tarafından ortaya koyulan bulanık ölçüler ve bulanık integralleri temel olarak öncelikle, aralık (interval) sayılı bulanık ölçüler ve bulanık sayılı bulanık değerleri tanımlamışlardır.

Guo vd. (1998) bulanık değerli bulanık ölçülerini tanıtarak, genelleştirilmiş bulanık integral hakkında özelliklere çalışmalarında yer vermişlerdir. Bunları teoremler ve ispatlarla desteklemişlerdir.

Wu vd. (1999), bir önceki çalışmalarında yer alan özellikler hakkında yapılan önermelere yer vererek, teoremler ve ispatları üzerinde durmuşlardır.

Marichal ve Roubens'in (1999) çalışmalarında toplanma operatörü olarak kullanılan Sugeno integrali çoklu ölçütler için analiz edilmiştir. Toplanma operatörleri arasında bazı istenilen özelliklere sahip olduğu ispatlanmıştır.

Godo ve Torra (2000), ağırlıklı orta benzeri nitel operatörler kümesini tanımlamıştır. Yöntemin en önemli karakteristiği sözel değerlerin yorumlanmasında herhangi bir sayısal değer kullanılmamış olmasıdır. Sıralı olarak sözel ifadeleri ele almak için bazı sayısal toplanma operatörlerinde (WM, OWA ve WOWA) kullanılacak aritmetik işlemleri yeniden tanımlamışlardır.

Godo ve Torra (2001), Choquet integralini genişleterek sıra değerler oluşturmuştur. Choquet integrali sayesinde; WM, OWA ve WOWA operatörleri ile yapılamayan kaynaklar arasındaki bağımlılığı ölçmeyi başarmışlardır.

Auephanwiriyakul vd. (2002), standart Choquet bulanık integrali ile genelleştirilmiş Choquet bulanık integralini karşılaştırmıştır. Choquet bulanık integrali nümerik üyelik değerlerine sahip vektörleri bütünleştirirken, genelleştirilmiş Choquet bulanık integrali bulanık sayılı vektörleri bütünleştirmektedir. Kullandıkları yöntemi mayın tarama problemine uygulamışlardır.

Marquez ve Blanchar (2004), ticari eşya parçalarının stratejik yönetiminde gerçek alternatif stratejileri için mevcut yöntemlerin geliştirilmesinde bir simülasyon modeli ortaya koymuşlardır. Burada, alternatif görev yapıları arasındaki değişimin ölçümünde optimizasyon tekniklerinin nasıl başarılı bir şekilde uygulandığı gösterilmektedir.

Chiou vd. (2004), Tayvan'da su ürünleri avlama yatırım stratejilerini geliştirmek üzere bulanık çok ölçütlü bir karar yöntemi ele almıştır. Problem üç aşamada ele alınmıştır. Öncelikle, bağımsız ölçütler arasından faktör analizi ile ortak ölçütler belirlenmiştir. Daha sonra AHP tabanlı değerlendirme çatısı oluşturulmuştur. Bulanık performans değerleri ile bulanık ağırlıklardan oluşan fayda değerleri kullanılarak en iyi yatırım stratejisine karar verilmiştir. Bu çalışmada dikkat çeken nokta, özellikle ölçütlerin bağımlı olduğu durumlarda, yatırım stratejilerinin bireysel fayda değerlerinin

belirlenmesinde bulanık integral (non-additive fuzzy integral) tekniğinin geleneksel ağırlıklandırma yöntemlerine göre daha etkili olduğudur.

Tzeng vd. (2004), λ -bulanık değerini temel alarak bulanık yoğunluk ve bulanık integrali belirleyen etkin bir algoritma ortaya koymuştur. Kurumsal intranet web ağları örnek olayı üzerinden Choquet integral modeli için λ -bulanık değeri hiyerarşik yapısı incelenmiştir. Bu çalışmada, bulanık integralin özellikle birbirinden bağımsız olmayan durumlarda, geleneksel çok ölçütlü değerlendirme yöntemlerinden daha uygun sonuçlar verdiği ortaya koyulmuştur.

Yao vd. (2004), daha farklı bir alanda, bulanık integral yöntemini temel alan bulanık nakit talepleri ile optimal nakit yönetimi politikalarını analiz etmiştir. Stokastik basit zamanlı envanter yönetimi yaklaşımı ile toplam maliyet minimizasyonu yapılmıştır. Nakit talebinin az olduğu durumlarda, durulaştırma (defuzzification) işlemi sonrası nakit artış miktarları ve toplam maliyetler için bulanık olay ve kesin (crisp) olaylar arasında farklılıklar gözlenmiştir.

Angilella vd. (2004), bulanık integraller ile toplamsal olmayan (non-additive) fayda fonksiyonu oluşturmak için bir yöntem bilim ortaya koymuştur. Ölçütler arasındaki faaliyetlerle birlikte tercih yapıları modellemeye olanak tanımaktadır. UTA (Kararsız Geçiş Sıralama) yöntemindeki karar vericinin tercihlerini gösteren bir fayda fonksiyonu aranmakta, ancak bu çalışmada UTA yönteminden farklı olarak Choquet integrali fonksiyonel biçim olarak ele alınmıştır.

Meyer ve Roubens (2005), sıralama oluşturma ve alternatif kümelerinden en iyisinin seçilmesini öneren çok ölçütlü karar destek yaklaşımını ele almıştır. Alternatifler kısımlar halinde bulanık sayılar kullanılarak değerlendirilmiştir. Son aşamada Choquet integralinin bulanık genişletilmiş versiyonu kullanılarak toplanma (aggregation) yapılmıştır.

Tesfamariam ve Lindberg (2005), imalat sistemi tasarımında toplam analizinin uygun olmayan alternatiflerin erken aşamalarda elenmesine yardımcı olan kullanışlı bir yaklaşım olduğu ortaya koymuşlardır. Örnek olay ile rekabetçi sistem konfigürasyonu içinden en iyi olanın seçilmesi sağlanmıştır.

Adamides ve Voutsina (2006), stratejik yönetimin rekabetçi bakış açısı temel alındığında, iş süreçlerinin oluşturulmasında kaynak ve kapasite kullanımı gibi imalat ve pazarlama stratejilerinin eş zamanlı değerlendirildiği bir çalışma sunmuşlardır. Eş zamanlı gelişim gösteren bu iki strateji, yöneticilere değişken durumlarda daha verimli kararlar almaları yönünde referans olmaktadır.

Auephanwiriyaikul vd. (2002)'nin yaptığı çalışmanın aksine Tsai ve Lu (2006), belirsizliğin ve anket çalışmalarında kullanılan dilsel terimlerdeki anlam farklılığının üstesinden gelmek için ölçütler arasında bilgi birleşimini sağlayacak dilsel ifadeleri içeren bir çalışma ortaya koymuşlardır. Bu yönüyle, bulanık değerlere direkt olarak ağırlık değerleri atayan önceki çalışmalardan ayrılmaktadır.

Tsai ve Lu (2006), psikolojik ve dilsel terimlerin uygunluğu bakış açısından hareketle, ölçülebilir değerleri ve bulanık değerleri gerçel sayılar olan standart Choquet integralini genelleştirmişlerdir. Tsai ve Lu'nun çalışmasında üç sütunlu SERVQUAL yapısı genelleştirilmiş Choquet integraline dönüştürülmüştür. Elektronik ortamdaki depoların (e-store) toplam hizmet kalitesini değerlendiren nümerik bir örnek ele alınmıştır. Bu yapı ayrıca hizmet kalitesinin ölçülmesinde olasılık/gereklilik modeli ile karşılaştırılmıştır.

Demirel vd. (2009), karar vericiler için genellikle kesin olmayan biçimde tanımlanan niteliksel ölçüt değerlerini çok ölçütlü Choquet integrali yaklaşımında başarılı bir şekilde kullanarak büyük ölçekli bir Türk lojistik şirketinin ambar yerleşim yeri seçimi problemi üzerinde uygulamışlardır.

3. BULANIK ARİTMETİK ve CHOQUET İNTEGRALI

Bu bölümde; bulanık aritmetik, bulanık ölçüler, aralık değer (interval) aritmetiği, aralık değerli bulanık ölçüler ve bulanık ölçülere bağlı olarak Choquet integralinin belli başlı tanımlamaları ve özellikleri üzerinde durulacaktır.

3.1 Bulanık Aritmetik

Sözel ifadeler evreninde X gerçel sayılar R 'nin bir alt kümesi olsun: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. X içinde sıralı ikililerden oluşan A bulanık kümesinde $\tilde{A} = \{(x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X\}$, üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) : X \rightarrow [0, 1].$$

Sözel ifadelerin bulanıklaştırılmasında Çizelge 3.1'de görülen dokuz sözel terimden oluşan ölçek ve bunların karşılığı olan yamuk bulanık sayılar kullanılmaktadır (Tsai ve Lu, 2006).

$\tilde{A}$ bulanık sayılarının ortalama değerleri, $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ olmak üzere, yamuk bulanık sayıların durulaştırılmasında kullanılan aşağıdaki denklemden elde edilir (Fortemps ve Roubens, 1996).

$$F(\tilde{A}) = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{4} \quad (3.1)$$

Tanım 1. $\tilde{A}$, yamuk bir bulanık sayı olsun. Her $\alpha \in [0,1]$ için $\tilde{A} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} A^\alpha$ (Ayrışma teorisi) $A^\alpha = \{x : \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}$, $\tilde{A}$ 'nın α -kesim kümesidir. Özellikleri aşağıda verilmiştir (Klir ve Yuan, 1995):

1. A^α kümesi kesin (crisp) ve α seviyesindeki güven aralığı şu şekilde ifade edilir:

$$A^\alpha = [A_L^\alpha, A_U^\alpha] = [(a_2 - a_1)\alpha + a_1, -(a_4 - a_3)\alpha + a_4].$$
2. $\alpha \in [0,1]$ için $\tilde{A} \subset \tilde{B}$ ise $A^\alpha \subset B^\alpha$ 'dir.

Tanım 2. $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ ve $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3, b_4)$, A^α ve B^α α -kesim seviyelerindeki iki yamuk bulanık sayı olmak üzere aşağıdaki temel operasyonları sağlamaktadır (Klir ve Juan, 1995):

1. Toplama: $\tilde{A} + \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3, a_4) + (b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4)$;
2. Çarpma: $\tilde{A} * \tilde{B} = (a_1, a_2, a_3, a_4) * (b_1, b_2, b_3, b_4) = (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3, a_4 b_4)$;
3. $A^\alpha * B^\alpha = [A_L^\alpha, A_U^\alpha] * [B_L^\alpha, B_U^\alpha] = [\min (A_L^\alpha B_U^\alpha, A_L^\alpha B_L^\alpha, A_U^\alpha B_U^\alpha, A_U^\alpha B_L^\alpha), \max (A_L^\alpha B_U^\alpha, A_L^\alpha B_L^\alpha, A_U^\alpha B_U^\alpha, A_U^\alpha B_L^\alpha)]$;
4. $A^\alpha - B^\alpha = [A_L^\alpha - B_U^\alpha, A_U^\alpha - B_L^\alpha]$;
5. $A_L^\alpha \leq B_L^\alpha$ ve $A_U^\alpha \leq B_U^\alpha$ ise $A^\alpha \leq B^\alpha$ (Wu vd., 1998);
6. $\alpha_1 \leq \alpha_2$ ise $A^{\alpha_1} \supset A^{\alpha_2}$ olur (Wu vd., 1998).

Çizelge 3.1 Dokuz sözel terim ölçeğinde yamuk bulanık sayılar ve dilsel önem dereceleri arasındaki ilişki (Delgado vd., 1998)

Düşük/yüksek seviyeler		Önem dereceleri		Yamuk bulanık sayılar
Kısaltma	Dilsel terimler	Kısaltma	Dilsel terimler	
FD	Fazla düşük	FÖZ	Fazla önemsiz	(0, 0, 0, 0)
ÇD	Çok düşük	ÇÖZ	Çok önemsiz	(0, 0,01, 0.02, 0.07)
D	Düşük	ÖZ	Önemsiz	(0,04, 0.1, 0.18, 0.23)
AD	Az düşük	AÖZ	Az önemsiz	(0.17, 0.22, 0.36, 0.42)
O	Orta	O	Orta	(0.32, 0.41, 0.58, 0.65)
AY	Az yüksek	AÖL	Az önemli	(0.58, 0.63, 0.8, 0.86)
Y	Yüksek	ÖL	Önemli	(0.72, 0.78, 0.92, 0.97)
ÇY	Çok yüksek	ÇÖL	Çok önemli	(0.93, 0.98, 0.98, 1)
FY	Fazla yüksek	FÖL	Fazla önemli	(1, 1, 1, 1)

3.2 Aralık Değerli Bulanık Ölçüler

Önceki tanımlamalar ve Wu vd. (1998) hareketle, bütün g bulanık ölçülerinin kümesi $M(S)$ ve tüm ölçülebilir fonksiyonların kümesi $F(S)$ olarak ifade edilebilir. $\tilde{R}^+$ bulanık sayılar kümesi olmak üzere $(R^+ = [0, \infty])$, aralık (interval) sayılar kümesi $I(R^+) = \{\bar{r} : [r^-, r^+] \subset R^+\}$ olarak ifade edilir.

Bu tanımlara ek olarak, tüm $\bar{g}$ aralık sayılı bulanık ölçülerin (INF-ölçüler) kümesi $\bar{M}(S)$ ve tüm $\bar{f}$ aralık sayılı fonksiyonların kümesi $\bar{F}(S)$ olsun. Ayrıca, $\tilde{g}$ bulanık sayılı bulanık ölçüler ($\tilde{g} \in \tilde{M}(S)$) için bütün $\tilde{f}$ bulanık değerli fonksiyonların kümesi $\tilde{F}(S)$ olsun.

Tanım 3. $\bar{g}(A) = [g^-(A), g^+(A)]$ ve $A \in P(S)$ olmak üzere $\bar{g} : P(S) \rightarrow I(R^+)$ ifadesi aşağıdaki özellikleri sağladığında INF-ölçüsü olarak kabul edilir (Wu vd., 1998):

1. $\bar{O} = [0, 0]$ olduğunda $\bar{g}(\emptyset) = \bar{O}$;
2. Eğer $A, B \in P(S)$ ve $A \subset B$ ise $\bar{g}(A) \leq \bar{g}(B)$ olur;
3. $P(S)$ kümesinde, eğer $A_1 \subset A_2 \subset A_3 \subset \dots$ ve $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i = A \in P(S)$ ise $\lim_{i \rightarrow \infty} \bar{g}(A_i) = \bar{g}(\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i) = \bar{g}(A)$ olur (alttan sürekli);
4. $P(S)$ kümesinde, eğer $A_1 \supset A_2 \supset A_3 \supset \dots$ ve $\bigcap_{i=1}^{\infty} A_i = A \in P(S)$ ise $\lim_{i \rightarrow \infty} \bar{g}(A_i) = \bar{g}(\bigcap_{i=1}^{\infty} A_i) = \bar{g}(A)$ olur (üstten sürekli).

Tanım 4. $g^-(A) = [g(A)]^-$ ve $g^+(A) = [g(A)]^+$ ve $A \in P(S)$ olmak üzere, g^- ve g^+ bulanık ölçüler ise $\bar{g} : P(S) \rightarrow I(R^+)$ ifadesi INF-ölçüsü olarak adlandırılır (Wu vd., 1998).

Tanım 5. $\tilde{f} \in \tilde{F}(S)$ ve $\tilde{g} \in \tilde{M}(S)$ olsun. $0 \leq \alpha \leq 1$ olmak üzere, $((C) \int \tilde{f} d\tilde{g})_{\alpha} = (C) \int \tilde{f}_{\alpha} d\tilde{g}_{\alpha}$ ifadesi elde edilir (Wu vd., 1998).

3.3 λ -Bulanık Değeri Tanımlama Yöntemleri

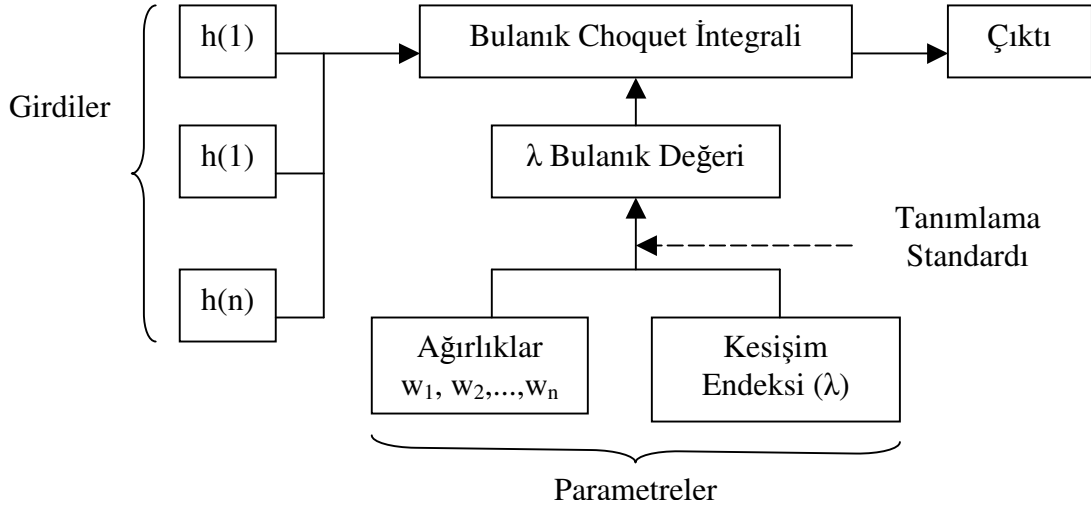
Bulanık integraller genel değerlendirme modelleri için kullanışlı araçlardır. Buna rağmen, bulanık değer parametre sayısı oldukça büyüktür. Bulanık değerler arasında, bir λ -kesişim endeksi ile tanımlanabilen ve bireysel ağırlıkları değerlendiren λ bulanık değeri bulunmaktadır (Şekil 3.1).

$A \cap B = \emptyset$, $\mu(X) = 1$ ve $\mu(A) \in [0,1]$, $\forall A \in 2^x$ için $\lambda > -1$ olduğunda μ_λ bulanık değeri aşağıdaki şekilde tanımlanır (Takahagi, 2005):

$$\mu_\lambda(A \cup B) = \mu_\lambda(A) + \mu_\lambda(B) + \lambda \mu_\lambda(A) \mu_\lambda(B) \quad (3.2)$$

Bir bulanık değer parametrelerini hesaplamak önemli olduğundan, üç hesaplama standardı belirlenmiştir.

- Singleton Bulanık Değer Oranı Standardı
- Shapley Değer Standardı
- Girdi Sayısı Standardı



Şekil 3.1 Bulanık değer ve bulanık integral

3.3.1 Singleton Bulanık Değer Oranı Standardı

Bu standardın en önemli özelliği her bir girdi değerinin basit etkisini çıktıya taşımasıdır. Bulanık değer aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\mu_\lambda(\{1\}) : \mu_\lambda(\{2\}) : \dots : \mu_\lambda(\{n\}) = \omega_1 : \omega_2 : \dots : \omega_n \quad (3.3)$$

3.3.2 Shapley Değer Standardı

Bu standartta ağırlıklar pozitif değerlerdir. μ_λ bulanık değerinin i . değerlendirme parçası olan Shapley değeri ($sh_i(\mu_\lambda)$) kullanılarak aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$sh_i(\mu_\lambda) = \omega_i, \forall i \quad (3.4)$$

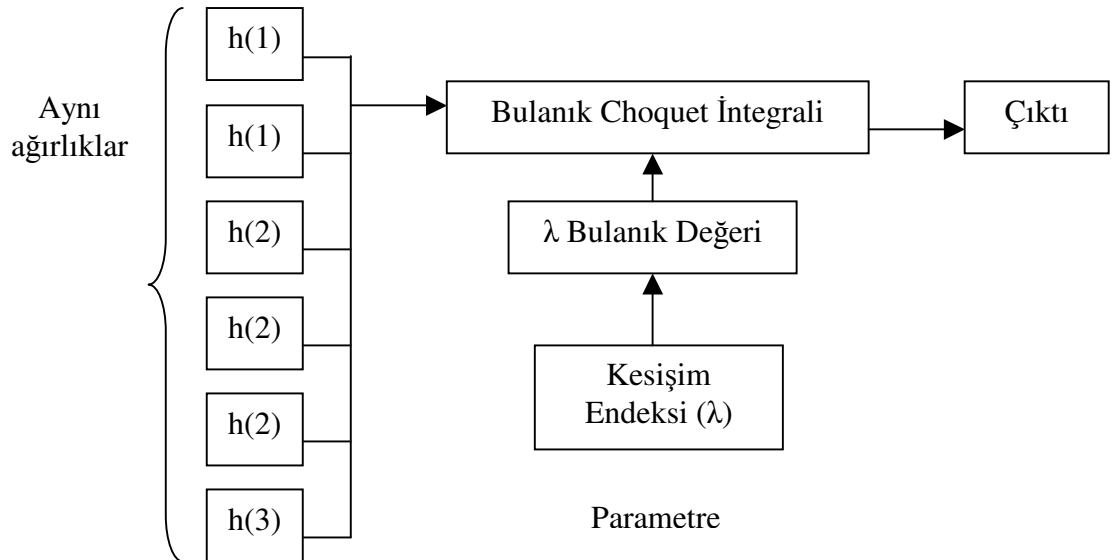
Her girdi değerinin ağırlığına işaret eden Shapley değeri aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$sh_i(\mu_\lambda) = \sum_{S \subseteq X} \tau_n(S) [\mu(S) - \mu(S \setminus \{i\})] \quad (3.5)$$

$$\tau_n(S) = \frac{(n - |S|)! (|S| - 1)!}{n!} \quad (3.6)$$

3.3.3 Girdi Sayısı Standardı

Bu standartta ağırlıklar negatif olmayan tam sayılardır. Girdilerin ağırlıklarının toplam sayısı kadar eşit girdi ağırlıkları elde edilir. Örneğin, girdi sayısı $n=3$ olmak üzere $\omega_1=2$, $\omega_2=3$ ve $\omega_3=1$ şeklinde toplam 6 adet aynı ağırlık girdisi elde edilmiş olunur.



Şekil 3.2 Girdi sayısı standardı ($\omega_1=2$, $\omega_2=3$ ve $\omega_3=1$ örneği için)

3.4 Choquet İntegrali

Bulanık ölçülere bağlı olarak Choquet integralinin temel özellikleri ve tanımları aşağıda verilmiştir (Wang ve Klir, 1992):

Tanım 6. $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ ve $P(S)$, S 'nin kuvvet kümesi olmak üzere, toplamsal olmayan (non-additive) ve aşağıdaki özelliklere sahip olan bir bulanık ölçü $g : P(S) \rightarrow [0, 1]$ fonksiyonu ile ifade edilir.

1. $g(\emptyset) = 0$;
2. $g(S) = 1$;
3. Eğer $A, B \in P(S)$ ve $A \subset B$ ise $g(A) \leq g(B)$ olur (monotonluk);
4. $P(S)$ kümesinde, eğer $A_1 \subset A_2 \subset A_3 \subset \dots$ ve $\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i \in P(S)$ ise $\lim_{i \rightarrow \infty} g(A_i) = g(\bigcup_{i=1}^{\infty} A_i)$ olur (alttan sürekli);
5. $P(S)$ kümesinde, eğer $A_1 \supset A_2 \supset A_3 \supset \dots$ ve $\bigcap_{i=1}^{\infty} A_i \in P(S)$ ise $\lim_{i \rightarrow \infty} g(A_i) = g(\bigcap_{i=1}^{\infty} A_i)$ olur (üstten sürekli).

Bu özelliklerin yanında Sugeno, λ -bulanık değerini aşağıdaki özelliklere ilave etmiştir (Yager ve Filev, 1994).

Tüm $A, B \in P(S)$ ve $A \cap B = \emptyset$ için $\lambda > -1$ olmak üzere aşağıdaki denklem elde edilir:

$$g(A \cup B) = g(A) + g(B) + \lambda g(A) g(B) \quad (3.7)$$

S , sonlu bir küme olmak üzere $\bigcup_{i=1}^n A_i = S$ olur. Buna göre tüm $i, j = 1, 2, \dots, n$ ve $i \neq j$ için $A_i \cap A_j = \emptyset$ olmak üzere λ -bulanık değeri olan g , Denklem (3.8)'ü sağlar.

$$g(S) = g\left(\bigcup_{i=1}^n A_i\right) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda} \left\{ \prod_{i=1}^n [1 + \lambda g(A_i)] - 1 \right\}, & \text{eğer } \lambda \neq 0 \\ \sum_{i=1}^n g(A_i), & \text{eğer } \lambda = 0 \end{cases} \quad (3.8)$$

Denklem (3.8)'de, $\lambda \neq 0$ ifadesi λ -bulanık değeri olan g 'nin toplamsal olmadığını gösterir. Eğer λ -bulanık değeri olan g toplamsal ($\lambda = 0$) olursa, $i \neq j$ için A_i ve A_j

arasında ilişki yok demektir. Burada ilişki ölçütler arasında bilgi birleşimi olduğu anlamına gelmektedir. $\lambda > 0$ ifadesinden $g(A \cup B) > g(A) + g(B)$ elde edilir ve $\{A, B\}$ kümesi için çarpma etkisi oluşturur. $\lambda < 0$ ifadesi ise $\{A, B\}$ kümesinin çıkarma etkisini göstermektedir (Chen ve Tzeng, 2001).

Tanım 7. g , S kümesinde bir bulanık ölçü olsun. Bu değere bağlı olarak Choquet integral fonksiyonu, $f: S \rightarrow [0, 1]$, $0 \leq f(s_{(1)}) \leq f(s_{(2)}) \leq \dots \leq f(s_{(n)}) \leq 1$, $f(s_{(0)}) = 0$ ve $A_{(i)} = \{s_{(1)}, \dots, s_{(i)}\}$ olmak üzere aşağıdaki gibi ifade edilir (Grabisch vd., 2000):

$$(C) \int f dg = \sum_{i=1}^n ((f(s_{(i)}) - f(s_{(i-1)})) g(A_{(i)})) \quad (3.9)$$

Denklem (3.7)'de tanımlanan Sugeno'nun λ -bulanık değeri $g(A_{(i)})$, aşağıdaki denklemlerden çözülebilir.

$$g(A_{(n)}) = g(\{s_{(n)}\}) = g_n, \quad (3.10)$$

$$g(A_{(i)}) = g_i + g(A_{(i+1)}) + \lambda g_i g(A_{(i+1)}), \quad 1 \leq i \leq n \text{ için.} \quad (3.11)$$

3.5 Aralık Değerli Choquet İntegrali

Geleneksel bulanık ağırlıklandırma yöntemlerinin aksine, düşük karmaşıklık ve kullanım kolaylığına sahip basit ağırlıklandırılmış toplam (simple weighted sum) belli bir ölçüte karar vericinin verdiği özel önem ağırlığı esasına dayanmaktadır.

Herhangi bir toplanma operatörü (burada iki-toplamlı (2-additive) algoritma üzerinde durulacaktır) kullanımına dayalı bu yöntemin basitliğinin yanında en önemli dezavantajı, çok yönlü alternatifler kümesi üzerinden tercihlerin değerlendirilmesi ile ölçütlerin bağımsız olarak kabulünün eşdeğer olmasıdır (Krantz vd., 1971) (Modave ve Grabisch, 1997).

3.5.1 Zayıf Sıra Operatörü

Her $i \in I = \{1, \dots, n\}$ için, $\succeq_i$ zayıf sıra operatörü ve $u_i: X_i \rightarrow \mathbb{R}$ olmak üzere kısmi fayda fonksiyonu aşağıda verilmiştir:

$$\forall x_i, y_i \in X_i, x_i \succeq_i y_i \Leftrightarrow u_i(x_i) \geq u_i(y_i) \quad (3.12)$$

$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1, \alpha_i \in [0,1]$ olacak şekilde karar vericilerden ağırlık vermeleri beklenmektedir. Buna bağlı olarak fayda fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\forall x \in X, u(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i u_i(x_i) \quad (3.13)$$

Eğer μ bulanık değeri toplamı (additive) ise, Choquet integrali Lebesgue integraline indirgenir. Aralık değerli Choquet integrali, çok yönlü alternatifler için tercih aralıklarını belirlemede kullanılmaktadır.

3.5.2 Tercihlerin Gösterimi

μ , I üzerinde bulanık bir değer (aralık değerlerle ifade edilen) olsun. i ve j arasında etkileşim göstergesi aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$I(i, j) = \sum_{B \subset I \setminus \{i, j\}} \xi I(B) \cdot (\mu(B \cup \{i, j\}) - \mu(B \cup \{i\}) - \mu(B \cup \{j\}) + \mu(B)) \quad (3.14)$$

Yukarıdaki ifadede yer alan $\xi I(B)$ 'nin açılımı aşağıda verilmiştir:

$$\xi I(B) = \frac{(|I| - |B| - 2)! |B|!}{(|I| - 1)!} \quad (3.15)$$

$I(i, j) > 0 \rightarrow i$ ve j ölçütleri birbirlerini tamamlar.

$I(i, j) < 0 \rightarrow i$ ve j ölçütleri fazlalık olur.

$I(i, j) = 0 \rightarrow i$ ve j ölçütleri birbirinden bağımsızdır.

Tanım 8. Sıralamanın tüm etkileşim göstergelerinin (≥ 3 olan) sıfır olduğu ve en azından ikinci dereceden bir etkileşim göstergesinin sıfır olmadığı μ bulanık değeri 2-toplamlı olarak adlandırılır.

Teorem 1. μ , 2-toplamlı değer olmak üzere Choquet integrali aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$(C) \int_I f d\mu = \sum_{I_{i,j} > 0} (f(i) \wedge f(j)) I_{ij} + \sum_{I_{i,j} < 0} (f(i) \vee f(j)) |I_{ij}| + \sum_{i=1}^n f(i) (I_i - \frac{1}{2} \sum_{j \neq i} |I_{ij}|) \quad (3.16)$$

Pozitif etkileşim göstergesi birleştirici (conjunction), negatif etkileşim göstergesi ayırıcıdır (disjunction).

Ağırlıklı toplam söz konusu olduğunda, karar vericinin her bir ölçüte verdiği ağırlıklar dikkate alınır. Karar vericilerden Shapley değerlerini kullanmaları istenir. Teorem 1 yeniden yapılandırılarak, Choquet integralinin 2-toplamlı değeri toplanma (aggregation) operatörü olarak elde edilir.

3.5.3 Aralık Değerler

Tanım 9. Aralık değer adı verilen gerçel sayılar kümesi üzerinden oluşturulan aritmetiğe Aralık Değer Aritmetiği (ADA) denir.

ADA, belirsizliği modellemek ve nümerik hesaplamalardaki yuvarlama hatalarının önüne geçmek için 1960'lı yılların sonlarında Moore (1966) tarafından ortaya koyulmuştur.

Tanım 10. Gerçel bir aralık değer, kapalı ve gerçel sayılar kümesine bağlıdır. Her bir gerçel aralık değer $[\underline{x}, \bar{x}]$ olarak ifade edilir. $\underline{x} = \inf x$ ve $\bar{x} = \sup x$ olmak üzere sınırları tanımlanır. Gerçel aralık değerler kümesi II ile gösterilir.

$\rho \subset \mathbb{R}$ olmak üzere ρ 'nin gerçel aralık değeri ifade eden konveks zarfı $Zarf(\rho) = [\inf \rho, \sup \rho]$ olarak ifade edilir.

Gerçel aralık değer genişliği (width) olan x gerçel bir sayıdır:

$$\omega(x) = \bar{x} - \underline{x} \quad (3.17)$$

II^n elemanları kutuları (boxes) tanımlar. $(x_1, \dots, x_n)^T \in II^n$ olmak üzere buna karşılık gelen kutu (box) aralık değerlerin kartezyen çarpımıdır:

$$X = x_1 \times \dots \times x_n \quad (3.18)$$

ADA işlemleri, gerçel sayılı işlemlere karşılık gelen küme teorik açılımlarıdır. $x, y \in II$ ve $\diamond \in \{+, -, \times, \div\}$ işlemi olmak üzere aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$x \diamond y = Zarf\{x \diamond y \mid (x, y) \in x \times y\} \quad (3.19)$$

Monotonluk özelliğinden hareketle, aralık değerlerin sınırları üzerinden gerçel hesaplamalar kullanılarak bu işlemler gerçekleştirilebilir. $x=[a,b]$ ve $y=[c,d]$ olmak üzere aşağıdaki işlemleri yapmak mümkündür:

$$\begin{aligned} x + y &= [a + c, b + d] \\ x - y &= [a - d, b - c] \\ x \times y &= [\min\{ac, ad, bc, bd\}, \max\{ac, ad, bc, bd\}] \end{aligned} \quad (3.20)$$

Bileşim kuralı Π üzerinde korunmakta, buna rağmen dağıtım kuralı geçerli olmamaktadır. Burada her $x, y, z \in \Pi$ için aşağıdaki ifade geçerlidir:

$$x \times (y + z) \subseteq x \times y + x \times z \quad (3.21)$$

3.5.4 Aralık Değer Açılımı

f gerçel fonksiyonunun aralık değer açılımında $D_f \subset \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ 'den φ fonksiyonu: $\Pi^n \rightarrow \Pi$ elde edilir.

$$\forall X \in \Pi^n, (X \in D_f \Rightarrow f^u(x) = \{f(x) \mid x \in X \subseteq \varphi(X)\}) \quad (3.22)$$

Bu kapsamlı formüle *ADA'nın Esas Teoremi* adı verilir.

Teorem 2 (Moore Teoremi): f gerçel bir fonksiyon olsun. $f : D_f \subset \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$ ve t, f tarafından tanımlanan sembolik bir ifade olmak üzere $(x_1, x_2, \dots, x_n) \mapsto t(x_1, x_2, \dots, x_n)$ elde edilir.

$1 \leq i \leq n$ olmak üzere; her bir x_i , t 'de sadece bir kez meydana gelirse aşağıdaki ifadeye ulaşılır.

$$\forall X \in \Pi^n, (X \subseteq D_f \Rightarrow f^u(X) = f(X)) \quad (3.23)$$

Başka bir ifadeyle, verilen ifadede tüm değişkenler sadece bir kez yer alırsa daha fazla tahmin etmeye gerek kalmaz.

3.5.5 Tercihlerin Aralık Değerleri

Alternatifler üzerinden tercihlerin tanımlanmasında, karar vericiden önem ve bağımlılık göstergelerini belirlemeleri beklenmektedir. Burada, aralık değer aritmetiği

tanımlamaları kullanılarak Choquet integrali hesaplamalarına aralık değer bilgisinin nasıl entegre edileceğinin üzerinde durulacaktır.

$i, j \in \{1, 2, \dots, n\}$ olmak üzere I_{ij} ve I_i aralık değer göstergeleri Choquet integrali hesaplama formülünde aşağıdaki şekilde yer alır:

$$\begin{aligned} (C_{II}) \int_I f d\mu &= \sum_{I_{ij} > 0} (f(i) \wedge f(j)) I_{ij} \\ &+ \sum_{I_{ij} < 0} (f(i) \vee f(j)) |I_{ij}| \\ &+ \sum_{i=1}^n f(i) (I_i - \frac{1}{2} \sum_{j \neq i} |I_{ij}|) \end{aligned} \quad (3.24)$$

Bağımlılık problemi göz önüne bulundurularak ADA kullanıldığında gerçel fonksiyonlar meydana gelebilir. Bu gibi durumlarda (Denklem 3.24), farklı monotonluklarda (bir pozitif bir negatif olarak) her aralık değer değişkeni olan I_{ij} iki kez oluşur.

$$\begin{aligned} (C_{II}) \int_I f d\mu &= \sum_{i=1}^n f(i) I_i \\ &+ \sum_{I_{ij} > 0} ((f(i) \wedge f(j)) - \frac{1}{2} (f(i) + f(j))) I_{ij} \\ &+ \sum_{I_{ij} < 0} ((f(i) \vee f(j)) - \frac{1}{2} (f(i) + f(j))) |I_{ij}| \end{aligned} \quad (3.25)$$

Daha sonra iki alternatif, bunlara karşılık gelen aralık değerli Choquet integralindeki aralık değerler ile aşağıdaki gibi karşılaştırılır.

$$\begin{aligned} (C_{II}) \int_I f d\mu &\succeq (C_{II}) \int_I g d\mu \Leftrightarrow \\ \underline{(C_{II}) \int_I f d\mu} &\geq \overline{(C_{II}) \int_I g d\mu} \end{aligned} \quad (3.26)$$

4. GENELLEŞTİRİLMİŞ CHOQUET BULANIK İNTEGRALI

Genelleştirilmiş Choquet integralinin ilgili karakteristikleri ve Bulanık Sayılı Choquet İntegrali (GCBİ) algoritmasının yapısı aşağıda özetlenmiştir.

4.1 Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegralinin Karakteristikleri

Ölçüt kümesi $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n\}$ ve $P(S)$ de kuvvet kümesi olmak üzere, Bölüm 3'te verilen Tanım 6 ve Denklem (3.9)'u tatmin eden λ -bulanık değeri $g: P(S) \rightarrow [0,1]$ küme fonksiyonu olarak ifade edilmiştir.

Bu çalışmada $g_i = g(\{s_i\})$, i ölçütünün bireysel önemlilik oranı olarak kabul edilmiş ve i ölçütünün ölçülebilir fonksiyonu olarak $f: S \rightarrow [0,1]$ ele alınmıştır.

$g(S)=1$ ve $g_i = g(\{s_i\})$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$ olmak üzere $\lambda \neq 0$ olacağı

$g(S) = \frac{1}{\lambda} \{ \prod_{i=1}^n (1 + \lambda g_i) - 1 \}$ eşitliğinden çıkarılabilir. Eş zamanlı olarak birçok ölçüt

göz önüne alındığında Denklem (3.10)'daki λ yaklaşık olarak tahmin edilir.

S üzerinde g 'nin bulanık bir ölçü olduğu kabul edilirse; Choquet integralinin $g_i = g(\{s_i\})$, $0 \leq f(s_{(1)}) \leq f(s_{(2)}) \leq \dots \leq f(s_{(n)}) \leq 1$ ve $f(s_{(0)}) = 0$ olmak üzere $f(s_{(i)})$, g_i ve λ 'nın monoton olarak artan bir fonksiyonu olduğu görülür. Aşağıdaki önermeler ile standart Choquet integrali genelleştirilmiştir (Tsai ve Lu, 2006).

Önerme 1. $\bar{f} \in \bar{F}(S)$ ve $\bar{g} \in \bar{M}(S)$ olmak üzere, aralık sayılı bulanık ölçü (INF-measure) $\bar{g}$ 'ye karşılık gelen $\bar{f}$ Choquet integrali aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$(C) \int \bar{f} d\bar{g} = [(C) \int \bar{f}^- d\bar{g}^-, (C) \int \bar{f}^+ d\bar{g}^+] \quad (4.1)$$

Önerme 2. Bölüm 3.2'deki Tanım 4'e göre, $\tilde{f} \in \tilde{F}(S)$ ve $\tilde{g} \in \tilde{M}(S)$ olduğunda aşağıdaki eşitlikten söz etmek mümkündür.

$$((C) \int \tilde{f} d\tilde{g})_\alpha = [(C) \int \tilde{f}_\alpha^- d\tilde{g}_\alpha^-, (C) \int \tilde{f}_\alpha^+ d\tilde{g}_\alpha^+] \quad (4.2)$$

Önerme 3. Bölüm 3.1'deki Tanım 2'den hareketle, $\alpha_1 \leq \alpha_2$ olmak üzere $\tilde{A}$ 'nın α -seviye kesimleri dikkate alınacak olunursa, $0 \leq \alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \leq \alpha_n \leq 1$ sağlandığında aşağıdaki ifade elde edilir.

$$\left((C) \int \tilde{f} d\tilde{g} \right)_{\alpha_1} \supset \left((C) \int \tilde{f} d\tilde{g} \right)_{\alpha_2} \supset \dots \supset \left((C) \int \tilde{f} d\tilde{g} \right)_{\alpha_n} \quad (4.3)$$

Önerme 4. Önerme 3, Önerme 2 ve Bölüm 3.1'deki Tanım 1'den aşağıdaki eşitliğe ulaşılır.

$$(C) \int \tilde{f} d\tilde{g} = \bigvee_{\alpha \in [0,1]} [(C) \int f_{\alpha}^{-} dg_{\alpha}^{-}, (C) \int f_{\alpha}^{+} dg_{\alpha}^{+}] \quad (4.4)$$

4.2 Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegrali Algoritma Yapısı

Bu çalışmada ele alınacak olan tedarikçi değerlendirme sürecinde anket düzenlenerek, üç karar vericinin belirlediği ölçütler üzerinden kullanılacak olan Choquet integralinin algoritma yapısının adımları aşağıda verilmiştir.

Burada; j , ana ölçüt sayısı ve m , ana ölçüte bağlı alt ölçüt sayısı olmak üzere n_j , toplam ölçüt sayısını belirtmektedir.

Adım 1. Belirlenen i ölçütü, karar vericilerin sözel tercihlerinden elde edilen önemlilik derecesi, gerçekleşen tedarikçi performansı ve beklenen tedarikçi performansının tolerans aralığı araştırılır ve sonuçlar çizelgeye işlenir.

Adım 2. $t=1,2,3,\dots,k$, $i=1,2,\dots,n_j$, $j=1,2,\dots,m$ ve k karar verici sayısı olmak üzere, t karar verici ve i ölçütü ile $\tilde{A}_i^t$ bulanık sayısı önemlilik derecesini, $\tilde{p}_i^t$ bulanık sayısı gerçekleşen tedarikçi performansını ve $\tilde{e}_i^t$ bulanık sayısı beklenen tedarikçi performansının tolerans aralığına karşılık gelecek şekilde parametreler oluşturulur.

Adım 3. Bölüm 3'teki Tanım 2'nin Denklem (3.1)'inden elde edilen Denklem (4.5) kullanılarak $\tilde{A}_i^t$, $\tilde{p}_i^t$, ve $\tilde{e}_i^t$ 'nin ortalamaları alınır ve sırasıyla $\tilde{A}_i$, $\tilde{p}_i$ ve $\tilde{e}_i$ değerleri bulunur.

$$\tilde{A}_i = \frac{\sum_{t=1}^k \tilde{A}_i^t}{k} = \left(\frac{\sum_{t=1}^k a_{i_1}^t}{k}, \frac{\sum_{t=1}^k a_{i_2}^t}{k}, \frac{\sum_{t=1}^k a_{i_3}^t}{k}, \frac{\sum_{t=1}^k a_{i_4}^t}{k} \right) \quad (4.5)$$

Adım 4. $\tilde{f}_i \in \tilde{F}(S)$ ifadesi bulanık değerli bir fonksiyon olmak üzere her bir ölçütün tedarikçi performansı üzerindeki etkisi Denklem (4.6) ile normalleştirilir.

$$\tilde{f}_i = \parallel_{\alpha \in [0,1]} \tilde{f}_i^\alpha = \parallel_{\alpha \in [0,1]} [f_{i,\alpha}^-, f_{i,\alpha}^+] \quad (4.6)$$

Adım 5. Tüm bulanık değerli $\tilde{f}$ fonksiyonlarının kümesi $\tilde{F}(S)$ olur ve tüm $\alpha \in [0,1]$ için $\tilde{p}_i$ ve $\tilde{e}_i$ 'nin α -seviye kesimleri $\bar{p}_i^\alpha$ ve $\bar{e}_i^\alpha$ olmak üzere aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\bar{f}_i^\alpha = [f_{i,\alpha}^-, f_{i,\alpha}^+] = \frac{\bar{p}_i^\alpha - \bar{e}_i^\alpha + [1,1]}{2} \quad (4.7)$$

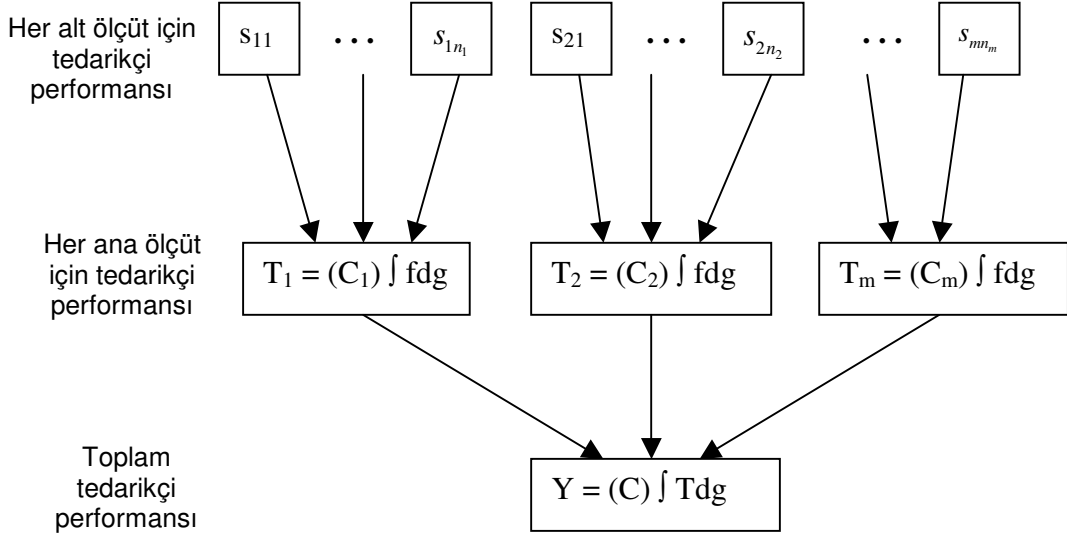
Adım 6. j alt ölçütleri dikkate alınarak tedarikçi performansı Denklem (4.8) kullanılarak elde edilir.

Burada $\bar{g}_i : P(S) \rightarrow I(R^+)$, $\bar{g}_i = [g_i^-, g_i^+]$, $\bar{g}_i^\alpha = [g_{i,\alpha}^-, g_{i,\alpha}^+]$, $\bar{f}_i : S \rightarrow I(R^+)$ ve $\bar{f}_i = [f_i^-, f_i^+]$ ifadeleri $i=1,2,...,n_j$ için geçerlidir.

$$(C) \int \tilde{f} d\tilde{g} = \parallel_{\alpha \in [0,1]} [(C) \int f_\alpha^- dg_\alpha^-, (C) \int f_\alpha^+ dg_\alpha^+] \quad (4.8)$$

Adım 7. Tüm alt ölçütlerden elde edilen toplam tedarikçi performansı, genelleştirilmiş Choquet integralinin iki aşamalı hiyerarşik süreci uygulanarak bulanık bir $\tilde{Y}$ sayısına indirgenir. Oluşan hiyerarşik yapı Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Adım 8. $\mu_{\tilde{Y}}(x)$ değeri $\tilde{Y}$ 'nin üyeliği olarak kabul edilecek olunursa, Denklem (3.1) kullanılarak $\tilde{Y}$ bulanık sayısı y kesin değerine durulaştırılır ve tedarikçilerin toplam performansları karşılaştırılır.



Şekil 4.1 Toplam tedarikçi performansının hiyerarşik yapısı

4.3 2-toplamlı Choquet İntegrali Toplanma Operatörü

İkinci dereceden ve koordinasyonu sağlayan bağımlılıklar ile ilgili tatmin olma dereceleri açısından iyi bir toplanma operatörü olan Choquet integrali, bir ölçütün göreceli önemi ve diğer ölçütlerle olan ilişkilerini modellemektedir (Grabisch ve Labreuche, 2004).

Bu bölümde, Choquet bulanık integrallerinden 2-toplamlı ölçü incelenecektir. Bu basitleştirilmiş modelde sadece birbirini etkileyen ölçütler ele alınacaktır.

$\sum_{i=1}^n v_i = 1$ ve v_i , her bir ölçütün diğerlerine nazaran göreceli önemini gösteren Shapley

indisi olmak üzere $\left(v_i - \frac{1}{2} \sum_{i \neq j} |I_{ij}| \right) \geq 0$ eşitsizliğini sağlayan aşağıdaki denklem, 2-toplamlı Choquet integrali olarak ifade edilir:

$$T_{CI}(P_1, P_2, \dots, P_n) = \sum_{i=1}^n P_i v_i - \frac{1}{2} \sum_{i > j} I_{ij} |P_i - P_j| \quad (4.9)$$

Denklem (4.9)'da, $[-1, 1]$ aralık değerlerde bulunan (i, j) ölçüt çiftleri arasındaki etkileşim I_{ij} ile gösterilmektedir. “1” değeri iki ölçüt arasındaki tamamlayıcılığı; “-1”

değeri tamamen ilgisizliği ve “0” değeri de ölçütlerin bağımsız olduğunu işaret etmektedir.

Burada genel yaklaşım belli simpleks bölgelerde Choquet integralinin doğrusal olarak ifade edilebilmesi temeline dayanmaktadır. Ölçütler arasındaki ortak ilişkilere dayanan ve değiştirilmiş doğrusal bir parçadan oluşan 2-toplamlı Choquet integrali, her bir simpleksin (H_{σ_k}) klasik ağırlıklı ortası (WM) şeklinde ifade edilebilir:

$$H_{\sigma_k} = \left\{ P \in [0,1] \mid 0 \leq P_{\sigma_{(1)}}^k \leq P_{\sigma_{(2)}}^k \leq \dots P_{\sigma_{(n)}}^k \leq 1 \right\} \quad (4.10)$$

Akharaz vd. (2002), ağırlıklı toplamın Shapley ve bağımlılık indisleri ile ifade edileceğini ispat etmiştir (Denklem (4.11) ve (4.12)).

$$\Delta\mu_{(i)}^k = v_{(i)} + \frac{1}{2} \sum_{j>i} I_{(i)(j)} - \frac{1}{2} \sum_{j>i} I_{(j)(i)} \quad (4.11)$$

$$k : \sum_{i=1}^n \Delta\mu_{(i)}^k = 1 \quad (4.12)$$

Parantez içindeki indisler sıralamayı göstermektedir. $c_{(i)}$ ölçütünün göreceli önemi $v_{(i)}$ ile; $c_{(i)}$ ve $c_{(j)}$ ölçütleri arasındaki ilişki $I_{(i)(j)}$ ile ifade edilmektedir.

Buradan, H_{σ_k} 'nin her bir P^k performans vektörü için Choquet integralinin doğrusal ifadesi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$T_{CI}(P^k) = \sum_{i=1}^n \Delta\mu_{(i)}^k . P_{(i)}^k \quad (4.13)$$

5. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME ARAÇLARI

Günümüzde çok ölçütlü, birbiriyle ilişkili ya da birbiriyle çelişen birçok karmaşık karar verme koşullarının mevcut olduğu ve aralarından en uygun olan alternatifin ya da en iyi stratejinin seçimini gerekli kılan durumlarda en sık başvuruluan kaynaklar bulanık çok ölçütlü karar verme araçlarıdır.

Gerçek yaşam problemlerine de en yakın yanıtları vermeye çalışan Bulanık AHP ve bu yöntemden daha ileri bir teknik sağlayan Bulanık ANP yöntemidir.

Bu bölümde, bu iki yöntemin temel özellikleri dışında Bulanık Tercih Programlama (BTP – Fuzzy Preference Programming-FPP) yöntemine kısaca değinilecektir.

5.1 Bulanık AHP Yöntemi

Karar verme modelleri ve karar vericilerin başarısı belirsizlik ve müphemliğe müsamaha göstermesine bağlıdır. Nitel tercihlerin hesaplanması zor olduğundan, klasik AHP problemindeki ikili karşılaştırma değerlerinin bir kısmının ya da hepsinin bir belirsizlik derecesiyle ifade edilmesi mümkündür.

Bu şekilde bir öncelik vektörünün belirsiz ikili karşılaştırma ortamında oluşturulmasına bulanık AHP problemi denir.

Nesnelerden oluşan bir $\{1, 2, \dots, n\}$ kümesi verilmiş olsun. Kümedeki nesneler pozitif bir $A = \{\tilde{a}_{ij}\}$ matrisinde $\tilde{a}_{ij} = 1/\tilde{a}_{ji}$ olacak şekilde sayısal olarak ifade edilmiştir. Burada $\tilde{a}_{ij}$, “i” ve “j” nesneleri arasındaki karşılaştırmanın sayısal eşleniği olan bulanık bir sayıdır. “i” ve “j” nesnelerinin her bir çiftinin karşılaştırılması için, en önemli öncelik vektörü olan $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ oluşturulmalıdır. $w_{ij} = w_i/w_j$ oranının en iyi tahmin olduğundan hareket edilerek, bulanık AHP problemi aşağıdaki şekilde formüle edilebilir (Ayyıldız, 2003):

$$\sum_i \sum_{j>i} \left| \frac{w_i}{w_j} - \tilde{a}_{ij} \right| \quad (5.1)$$

$$w_i, \tilde{a}_{ij} \geq 0 \quad (i, j) \in (I, J) = \{(i, j) \mid 1 \leq i < j \leq n\}, \quad \sum_i w_i = 1,$$

$\tilde{a}_{ij}$ bulanık sayısında, “i” nesnesi “j” nesnesine tercih edilmektedir.

n : nesnelerin sayısı

w_i/w_j : “i” ve “j” nesnelerinin her bir çifti arasındaki karşılaştırma oranı

$\tilde{a}_{ij} = 1/\tilde{a}_{ji}$: bulanık pozitif eşlenik matris

Bulanık AHP yönteminin en yaygın kullanıma sahip yaklaşımları; (1) Laarhoven ve Pedrycz, (2) Buckley ve (3) Chang yaklaşımlarıdır.

5.1.1 Laarhoven ve Pedrycz Yaklaşımı

Laarhoven ve Pedrycz, Saaty'nin klasik AHP yönteminde yer alan sözel ifadelerin bulanık sayılarla doğrudan temsil edilmesini sağlayan bir algoritma önermiştir. Klasik AHP'de bulanıklık, doğrudan temsil edilmek yerine eşlenik matris kullanarak dolaylı yolla modellenir. Laarhoven ve Pedrycz'in önerdiği yöntemde AHP'de kullanılan eşlenik matrisin elemanları üçgen bulanık sayılarla gösterilir. Hesaplama adımları AHP'deki adımlarla aynıdır. Bulanık ağırlıkları ve bulanık performans puanlarını elde etmek için Lootsma'nın logaritmik en küçük kare yöntemi kullanılır. Bulanık faydaları hesaplamada üçgen bulanık sayılar için geliştirilen aritmetik işlemler uygulanır. Ayrıca eşlenik matriste birden çok karar vericinin fikirleri modellenebilir.

5.1.2 Buckley Yaklaşımı

Buckley, klasik AHP yöntemini bulanık karşılaştırma oranlarını kullanarak genişletmiştir. Laarhoven ve Pedrycz yaklaşımında kullanılan Lootsma'nın logaritmik en küçük kare yöntemi yerine, bulanık ağırlıkları ve performans puanlarını türetirken geometrik ortalama yöntemini kullanır. Bu yöntemi seçmesinin nedeni yöntemin bulanık modele uygun olması ve eşlenik karşılaştırma matrisine tek çözüm bulmayı garanti etmesidir. Buckley ayrıca bulanık oranları temsil etmek için yamuk bulanık sayıları kullanmıştır.

5.1.3 Chang Yaklaşımı

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ nesneler kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ bir hedef kümesi olsun. Chang'ın genişletilmiş analiz yöntemine göre, her bir nesne ele alınarak her hedef için

g_i değerleri oluşturulur. Böylece, her bir nesne için m genişletilmiş analiz değerleri aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (5.2)$$

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

Chang'ın genişletilmiş analizinin adımları aşağıda verilmiştir (Ayyıldız, 2003):

Adım 1. Bulanık yapay büyüklük değeri, i . nesneye göre şöyle tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (5.3)$$

$\sum M_{g_i}^j$ ifadesini elde etmek için, m değerleri üzerinde bulanık toplama işlemini belirli bir matris için aşağıdaki gibi gerçekleştirmek

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (5.4)$$

ve $\left[\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$ ifadesini elde etmek için, $M_{g_i}^j$ ($j = 1, 2, \dots, m$) değerleri üzerinde bulanık toplama işlemini yapmak

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (5.5)$$

ve daha sonra Denklem (5.5)'teki vektörün tersinin hesaplanması gerekir.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(1 / \sum_{i=1}^n u_i, 1 / \sum_{i=1}^n m_i, 1 / \sum_{i=1}^n l_i \right) \quad (5.6)$$

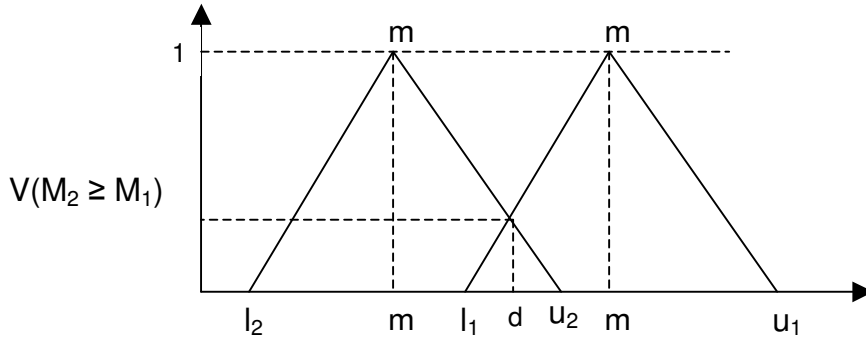
Adım 2. $M_1 \geq M_2$ ifadesinin olasılık derecesi şu şekilde tanımlanır:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (5.7)$$

(x, y) çifti $y \geq x$ ve $\mu_{M_1}(x) = \mu_{M_2}(y)$ ifadelerini sağlıyorsa, $V(M_2 \geq M_1) = 1$ olur. $M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ konveks bulanık sayılar olmak üzere

$$\begin{aligned}
V(M_2 \geq M_1) &= \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \\
&= \begin{cases} 1, \text{ eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0, \text{ eğer } l_1 \geq u_2 \\ (l_1 - u_2) / [(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)], \text{ diğer hallerde} \end{cases} \quad (5.8)
\end{aligned}$$

ifadesi elde edilir. Burada d, Şekil 5.1’de gösterildiği gibi ve arasındaki en yüksek kesişim noktası olan “d”nin ordinatıdır.



Şekil 5.1 M_1 ve M_2 'nin kesişimi

M_1 ve M_2 'yi karşılaştırmak için, $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerinin her ikisine de ihtiyaç duyulur.

Adım 3. Konveks bir bulanık sayının olasılık derecesinin k konveks bulanık sayıdan M_i ($i = 1, 2, \dots, k$) daha büyük olması şu şekilde tanımlanabilir:

$$\begin{aligned}
V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\
&= \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, \dots, k \quad (5.9)
\end{aligned}$$

$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k), k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$ olduğu düşünülürse ağırlık vektörü şu şekilde bulunur:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (5.10)$$

Burada A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) n elemandan oluşur.

Adım 4. Normalize edilmiş ağırlık vektörleri,

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (5.11)$$

olarak bulunur. Burada, W ağırlık vektörü bulanık bir sayı değildir.

5.2 Analitik Şebeke Prosesi (ANP) Yöntemi

ANP (Saaty, 1996), içerdği eleman kümeleri arasındaki bağımlılık ve geri beslemelerden oluşan çıktıları ortaya koyan geniş kapsamlı bir karar verme tekniğidir. ANP yöntemi, çok yaygın bir kullanımı olan çok amaçlı karar verme aracı AHP’de kullanılan hiyerarşileri şebekeler ile değiştirerek genelleştirmiştir. AHP’den daha genel bir yaklaşıma sahip olan ANP, karmaşık karar verme koşullarının modellenmesi için karar ölçütleri ve alternatifler üzerinde geri besleme ve karşılıklı bağımlılık ilişkilerini içermektedir (Kahraman, 2004).

ANP iki kısımdan oluşmaktadır: (1) ölçüt ve alt ölçütlerden oluşan karşılıklı ilişkileri kontrol eden kontrol hiyerarşisi ya da şebekesi ve (2) eleman kümeleri üzerinde etkili olan şebeke yapısı. ANP’nin özellikleri aşağıda verilmiştir (Ravi vd., 2005):

- Çok yaygın kullanıma sahip olan AHP tekniği üzerine kurulmuştur.
- Bağımlı ilişkilerin incelenmesine olanak verdiği için AHP’nin önüne geçmektedir.
- ANP tekniği, küme elemanları içindeki bağımlılık (iç bağımlılık) ve farklı küme elemanları arasındaki ilişki (dış bağımlılık) ile ilgilenmektedir.
- ANP’nin gevşek şebeke yapısı, bir hiyerarşi içinde hangi ölçütün ilk ve hangisinin daha sonra geldiğini dikkate almadan herhangi bir karar verme probleminin gösterimine olanak tanır.
- ANP, üst seviyesinde hedefler ve alt seviyesinde alternatiflerin yer aldığı doğrusal bir hiyerarşiye sahip kaynaklar ve çevrimlerle ilgilenen doğrusal olmayan bir yapıdan oluşmaktadır.
- ANP, sadece elemanların önceliklendirilmesi ile değil, bunun yanında gruplar ya da eleman kümelerinin de önceliklendirildiği problemleri gerçek yaşama uygun olarak tanımlamaktadır.
- ANP, genel olarak BOCR (kararlar, fırsatlar, maliyetler ve riskler) analizine öncülük ederek farklı ölçütlerle ilgilenen bir kontrol hiyerarşisi ya da kontrol şebekesi fikrini ortaya koymaktadır.

5.2.1 ANP'nin avantajları

- ANP, karar verme sürecine etki eden somut olduğu kadar soyut tüm ölçütleri içine alan geniş kapsamlı bir tekniktir (Saaty, 1996).
- ANP, AHP modellerinde olduğu gibi çok katı bir hiyerarşi yapısına ihtiyaç duymadan karar seviyeleri ve özellikleri üzerinde daha karmaşık ilişkiler kurmaya olanak tanır.
- Karar verme problemlerinde, gerçek yaşamda bulunan birbirine bağımlılık özelliği nedeniyle ölçütler arasında bağımlılık ilişkisinin üzerinde durulması çok önemlidir. ANP yöntemi hem ölçütler üzerinde hem de ölçütler içinde birbirine bağımlı olmayı göz önüne almaktadır.
- ANP yöntemi hem niteliksel hem de niceliksel özellikleri dikkate almakta; bunun yanında göz önüne aldığı özellikler içinde doğrusal olmayan bağımlılık ilişkisini de aramaktadır.
- ANP, karar vericiye uygun farklı alternatifleri göreceli olarak sıralayan yapay puanlama ile belirleyici olma görevini yerine getirmektedir.

5.2.2 ANP'nin dezavantajları

- Problem için gerekli özelliklerin tanımlanması ve bunların karar verme sürecindeki göreceli öneminin belirlenmesi uzun tartışmalar ve beyin fırtınası çalışmaları gerektirmektedir.
- ANP, AHP yöntemine kıyasla daha fazla hesaplama ve ilave ikili karşılaştırma matrisleri oluşturmayı gerektirmektedir.
- Üzerinde durulan özelliklere ait ikili karşılaştırmalar yalnızca öznel olarak oluşturulabildiğinden sonuçların doğruluğu ilgili alanda uzman görüşe sahip kişilerden alınacak bilgilere doğrudan bağlıdır.

5.3 Bulanık Tercih Programlama Yöntemi

Kararsız aralık problemlerinin çözümünde öncelikli olarak kullanılan Bulanık Tercih Programlama (BTP) yönteminin temel mantığının altında karar vericinin aralık

hükümlerinin yerine getirilmesiyle tatmin olmasını gösteren bulanık kümeleri tanımlaması yatmaktadır (Mikhailov ve Singh, 1999).

Burada önceliklendirme problemi, son çözüm kümesi ile toplam karar verici tatminini maksimize eden bir kesin öncelik vektörü bularak maksimin bulanık programlama problemine dönüştürülür.

Karşıt ikili karşılaştırma matrisinin üst üçgensel kısmındaki aralık hükümleri ele alındığında, bu hükümlerin kararlı olduğu durumlarda aşağıdaki eşitsizlikleri tatmin eden birçok öncelik vektörünün bulunduğu görülür (Mikhailov ve Singh, 2003):

$$l_{ij} \leq \frac{\omega_i}{\omega_j} \leq u_{ij}, i = 1, 2, \dots, n-1, j = 2, 3, \dots, n, j > i \quad (5.12)$$

Kararsız durumlarda, aynı anda tüm aralık hükümlerini tatmin eden öncelik vektörü $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ yoktur. Ancak tüm hükümleri “olabildiğince iyi” tatmin edebilecek bir vektör bulmaya çalışmak akılcıdır. Bunun anlamı yeterince iyi bir çözüm tüm hükümleri yaklaşık olarak karşılamak ve sapmaları da sıfıra yakın tutmak ya da (5.13)’teki ifadeyi sağlamak durumundadır. Burada, $\tilde{\leq}$ sembolü “bulanık olarak küçük ya da eşit” anlamına gelmektedir.

$$l_{ij} \tilde{\leq} \frac{\omega_i}{\omega_j} \tilde{\leq} u_{ij} \quad (5.13)$$

Önceliklendirme problemini tüm karar değişkenlerinin bir doğrusal fonksiyonu olarak göstermek için BTP yöntemi (5.13)’teki iki taraflı eşitsizlikleri tek taraflı doğrusal bulanık eşitsizliklere çevirmektedir.

$$\begin{aligned} w_i - u_{ij}w_j &\tilde{\leq} 0 \\ -w_i - l_{ij}w_j &\tilde{\leq} 0 \end{aligned} \quad (5.14)$$

$n(n-1)$ bulanık kısıttan oluşan yukarıdaki kümenin matris formu $R \in \mathfrak{R}^{m \times n}$, $m = n(n-1)$ olmak üzere aşağıda verilmiştir:

$$Rw \tilde{\leq} 0 \quad (5.15)$$

(5.15)'teki k . sıra ($R_k w \leq 0$) bulanık doğrusal kısıtı gösterir ve doğrusal üyelik fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$m_k(R_k w) = \begin{cases} 1 - \frac{R_k w}{d_k}, & R_k w \leq d_k \\ 0, & R_k w \geq d_k \end{cases} \quad (5.16)$$

$R_k w \leq 0$, $k = 1, 2, \dots, m$ olmak üzere kesin (crisp) eşitsizliğin yaklaşık tahmininin kabul edilebilir aralığına karşılık gelen ve karar verici tarafından tanımlanan tolerans parametresi d_k ile gösterilmiştir.

(5.16)'daki üyelik fonksiyonu, (5.14)'teki tek taraflı kısıtların aşılması ile karar vericinin tatmin edilmesini gösterir. $m_k(R_k w)$ değeri, buna karşılık gelen kesin kısıt $R_k w = 0$ ifadesi ihlal edildiğinde sıfıra eşit olur. Kesin kısıt yaklaşık olarak tatmin edildiğinde üyelik derecesi 0 ile 1 arasında değer alırken tam olarak tatmin edildiğinde 1'den büyük olur.

BTP yöntemi ile çözülen önceliklendirme problemi iki eklenmiş tahmin üzerine kurulmuştur (Mikhailov ve Singh, 1999). İlki basit bir hiper düzlem Q^{n-1} üzerinde boş olmayan bulanık uygun alan $\tilde{P}$ 'nin varlığına duyulan ihtiyaçtır.

$$Q^{n-1} = \left\{ (w_1, \dots, w_n) \mid w_i > 0, \sum_{i=1}^n w_i = 1 \right\} \quad (5.17)$$

Bulanık uygun alanın üyelik fonksiyonu tüm aralık üyelik fonksiyonlarının (5.16) kesişimi olarak ifade edilir.

$$m_{\tilde{P}}(w) = \left[\min \{m_1(R_1 w), \dots, m_m(R_m w)\} \mid w \in Q^{n-1} \right] \quad (5.18)$$

BTP yönteminin ikinci tahmini, toplam üyelik fonksiyonun (5.18) en yüksek derecedeki üyeliğine sahip öncelik vektörünü belirleyen bir seçim kuralını özelleştirir. $\tilde{P}$ 'nin konveks bir küme olduğu kolayca ispatlanabileceğinden (Mikhailov ve Singh, 1999), Q^{n-1} 'de en büyük λ üyelik derecesine sahip bir w öncelik vektörü her zaman bulunur.

$$\lambda = m_{\tilde{P}}(w^*) = \max \left[\min \{m_1(R_1 w), \dots, m_m(R_m w)\} \mid w \in Q^{n-1} \right] \quad (5.19)$$

Maksimin önceliklendirme problemi (5.19) aşağıdaki bulanık programlama probleminde gösterilmiştir:

$$\begin{aligned}
 &\max \lambda \\
 &\text{s.k.g.} \\
 &d_k \lambda + R_k w \leq d_k \\
 &\sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad w_i > 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \\
 &k = 1, 2, \dots, m, \quad m = n(n-1)
 \end{aligned} \tag{5.20}$$

BTP yöntemi, önceliklendirme problemini standart simpleks tekniği ile kolayca çözülebilen doğrusal programa (5.20) dönüştürür. Bu yöntemin pratik uygulamalarında, karar vericilerin genellikle kendi ikili karşılaştırma hükümlerinde tercih kullanmadıkları göz önüne alınırsa tüm tolerans parametreleri eşit olarak kabul edilmektedir. Burada tüm tolerans parametrelerinin eşit olduğu varsayılırsa w^* değerini maksimize edecek çözümü etkilemeyeceği açıktır.

5.4 Bulanık Analitik Şebeke Prosesi

Analitik Şebeke Prosesi (ANP), kesin yerel önceliklerden kesin karşılaştırma matrislere dönüşümü sağlayan klasik bir özvektör yöntemi uygulamaktadır (Meade ve Sarkis, 1998).

Belirlenen öncelikler daha sonra gerçel sayılı matrisler ile birleştirilir ve alternatiflerin küresel önceliklerini bulmak için karmaşık matris hesaplamaları oluşturulur. Karar verme sürecindeki belirsizliği gösteren tüm aralık ve bulanık önceliklendirme yöntemleri aralık veya bulanık yerel önceliklerden elde edilir. Buna rağmen, BTP yöntemi aralık ve bulanık hükümlerden kesin öncelikler çıkararak kararsız ve belirsiz yargılarla ilgilenen ANP'nin yeteneklerini arttıracak şekilde kolaylıkla uygulanabilir.

BTP ile ANP yöntemlerini birleştiren bulanık ANP (FANP) yönteminin uygulama adımları aşağıda özetlenmiş ve bütünleşik bulanık karar destek sisteminin yapısı Şekil 5.2'de gösterilmiştir (Mikhailov ve Singh, 2003):

Adım 1. Karar hedefini dikkate alarak, kümeler, ölçütler, alt ölçütler, alt elemanlar ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik ya da ağ yapısı oluşturma.

Adım 2. Tüm elemanlar arasındaki bağımlılıkları tanımlama ve her biri arasındaki etkiyi belirlemek için çizelge halinde listeleme.

Adım 3. Elemanlar arasında kesin, aralık ya da bulanık hükümlerden oluşan ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması.

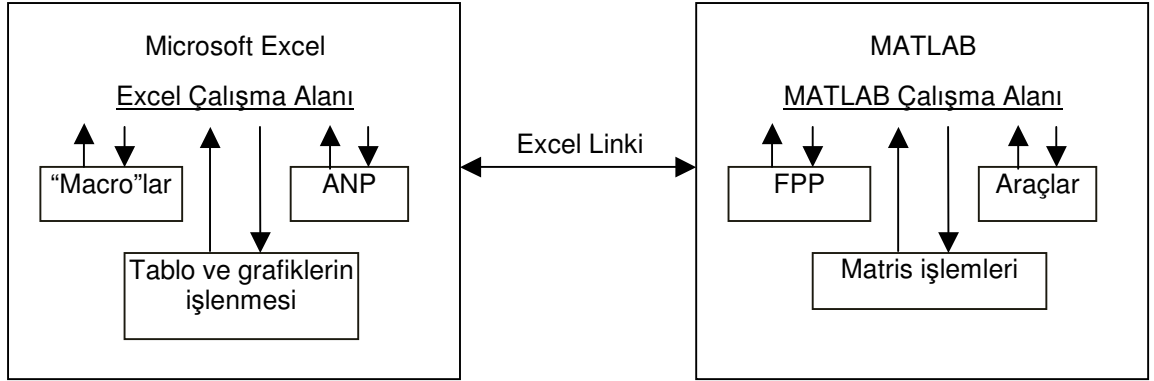
Adım 4. BTP yöntemi ile her matristen göreceli önemlilik ağırlıklarının (yerel öncelikler) bulunması.

Adım 5. Ağırlıklandırılmamış süpermatris yapısını oluşturmak için süpermatrisin elde edilen ağırlık değerleri ile doldurulması.

Adım 6. Her kolondaki elemanların toplamının 1'e eşit olacak şekilde süpermatrisin düzenlenerek ağırlıklandırılmış süpermatrisin oluşturulması.

Adım 7. Ağırlıklandırılmış süpermatrisin çok büyük bir k sayısına yükseltgenerek sınırlandırılması ve sabitleştirilmesi.

Adım 8. Kontrol ölçütlerinin ağırlık değerleri ile çarpılarak, ölçütlerin ağırlıkları ve alternatiflerin değerleri bir araya getirilerek son öncelik değerlerine ulaşılır.



Şekil 5.2 Bütünleşik bulanık karar destek sistemi (Mikhailov ve Singh, 2003)

6. SİSTEM DİNAMİĞİ

Sistem dinamiği, politika analizi ve tasarımı üzerine odaklanmış karmaşık problemlerin analiz edilmesini ve çözülmesini sağlayan bilgisayar destekli bir yaklaşımdır. Mühendislik ve yönetim kontrolüne temel teşkil eden sistem dinamiği; bilginin geri beslenmesi ve karmaşık fiziksel, biyolojik ve sosyal sistemlerin dinamik davranışlarının anlaşılmasını kolaylaştıracak geniş perspektiften bir bakış açısı geliştirmektedir (Forrester, 1961).

Sistem dinamiğindeki çok önemli bir bakış açısı geri besleme ve sistem davranışındaki gecikme nedenleridir. Örneğin, dinamik davranış sistem yapısının bir sonucudur (Richardson ve Pugh, 1981).

Sosyal sistemler birçok lineer olmayan ilişki içerdiğinden ve bu nedenle model denklemlerinin çözümünde analitik bir çözüm uygun olmadığından, Forrester sistem dinamikleri içinde kullanılabilen deneysel bir yaklaşım ya da simülasyon kullanmıştır (Vennix, 1996).

Lane (1997), Forrester'in yaklaşımını yönetim problemlerini modelleme ve anlama yaklaşımı olarak özetlemiştir. Sistem dinamiğinin amacı, performansı arttırmak için davranış biçimlerinin öğrenilmesi ve uygulanacak politikanın tasarlanmasıdır (Angerhofer ve Angelides, 2000).

Sistem dinamikleri çeşitli alanlardaki problemlerin çözümünde uygulanmaktadır:

1. Anonim şirketlerin planlama ve politika tasarımı (Forrester, 1961; Lyneis, 1980)
2. Ekonomik davranış (Sternan vd., 1983)
3. Kamu yönetimi ve politikası (Homer ve St.Clair, 1991)
4. Biyolojik ve medikal modelleme (Hansen ve Bie, 1987)
5. Enerji ve çevre (Ford ve Lorber, 1977)
6. Doğal ve sosyal bilimlerde teori geliştirme (Dill, 1997)
7. Dinamik karar verme (Sternan, 1989)
8. Karmaşık lineer olmayan dinamikler (Mosekilde vd., 1991)

9. Yazılım mühendisliği (Abdel-Hamid, 1984)

10. Tedarik zinciri yönetimi (Towill, 1996; Barlas ve Aksoğan, 1999; Akkermans vd., 1999)

Temellerini Forrester'in ortaya koyduğu 'Endüstriyel Dinamikler'in üretim-dağıtım sistem modeli olarak bilinen "Forrester Modeli", birbiriyle etkileşimli altı akış sistemi tarafından tanımlanmaktadır:

1. Bilgi
2. Malzeme
3. İş Emirleri (siparişler)
4. Para
5. İşgücü
6. Sermaye

6.1 Genel Tanım ve Literatür Araştırması

Sistem dinamiği (SD), karar verme ile ilişkili strateji ve politikaların oluşturduğu karmaşık sistemlerdeki dinamik davranışı sunmak, analiz etmek ve anlamak için geliştirilmiş değerli bir araç haline gelmiştir. İmalat sistemi gibi karmaşık sistemlerde, orijinal nesnenin diğer bir nesne tarafından geri beslendiği vb. durumlarda bir değişkende meydana gelebilecek bir değişikliğin diğer değişkenleri de etkilediğinde geri besleme döngüleri üzerinden nesneler etkileşim gösterirler.

Sistem dinamiği modelleri sistemdeki nedensel ilişkiler ve geri beslemeleri önemle yakalamaya çalışır. Kesikli olay simülasyonu gibi diğer simülasyon modelleri ile kıyaslandığında, sistem dinamiği çoğunlukla stratejik uygulamalarda kullanılmaktadır. Bunun nedeni temel olarak modelin yüksek soyutlama seviyesinden (toplanma seviyesi) ve dinamik davranışı açıklamak için kullanılan uzun süreli simülasyondan kaynaklanmaktadır (Tsfamariam ve Lindberg, 2005).

Bu konuda araştırmacıların yakın dönemde yapmış olduğu çalışmalara kısaca değinilecektir.

Marquez ve Blanchar (2004), ticari eşya parçalarının stratejik yönetiminde, gerçek alternatif stratejileri için mevcut yöntemlerin geliştirilmesinde bir simülasyon modeli ortaya koymaktadır. İçeriği aşağıda özetlenmiştir:

- Dünyadaki geçici taleplerin fiyat ve uygunluk açısından güvence altına alınabilmesi için gerçek alternatifler tedarik ve finansal yönetimler tarafından kullanılmaktadır.
- Güvenlik ve esnekliğin değişkenliğini tamamlayacak üç farklı tedarikçi ilişkisini karakterize ederek, simülasyonu yapılmıştır.
- Teknoloji yönetimlerindeki değişkenliğin iş dinamikleri içinde en yakından izlenmesi gereken kısım olduğu ortaya koyulmuştur.
- Tedarik sistemlerinin stratejik bölümü, eş zamanlı olmayan üretim ve terminlerin belirlenmesinin yanı sıra geçiş dönemleri ile stokların düzenlenmesini de içermektedir.

Sonuç olarak, alternatif görev yapıları arasındaki değişimin ölçümünde optimizasyon tekniklerinin nasıl başarılı bir şekilde uygulandığı gösterilmektedir.

Tesfamariam ve Lindberg (2005), imalat sistemi tasarımında toplam analizinin uygun olmayan alternatiflerin erken aşamalarda elenmesine yardımcı olan kullanışlı bir yaklaşım olduğunu ortaya koymuşlardır. Makalede ele alınan konular şunlardır:

- Sistem dinamiğinin (SD) yeniden kullanılabilir modeli ile analitik şebeke prosesi (ANP) hızlı ve stratejik olarak tutarlı karar vermek için oluşturulmuştur.
- SD modeli simüle edilebilen nedensel ilişkiler ve faktörlerin birbiriyle bağımlılığını yakalamaya çalışır.
- ANP, performans nesnelerinin stratejik nesnelerle tutarlılığını önceliklendirme ilişkisi üzerinden sağlamaktadır.
- SD ve ANP için model parametreleri üzerinden ilgili ilişkiler ve geri beslemeleri gösteren Nedensel Döngü Diyagramı (NDD) oluşturulmuştur.

Burada örnek olay üzerinden rekabetçi sistem konfigürasyonu içinden en iyi olanın seçilmesi sağlanmıştır.

Adamides ve Voutsina (2006), stratejik yönetimin rekabetçi bakış açısı temel alındığında, iş süreçlerinin oluşturulmasında kaynak ve kapasite kullanımı gibi imalat ve pazarlama stratejilerinin eş zamanlı değerlendirildiği bir çalışma sunmuştur. Bu çalışmanın içeriği aşağıda özetlenmiştir:

- İhtiyatlı davranma ve acil durumlar olmak üzere strateji sürecinin iki farklı doğası dikkate alındığında, bu iki fonksiyonel strateji SD modeli kurularak yürütülmüştür.
- Gelişmekte olan şirketlerin imalat ve pazarlama stratejilerini resmeden eş zamanlı değerlendirme modelinde; DNA'nın çift sarmal yapısında olduğu gibi, pazarlama kaynakları ve kapasite geliştirmek vb. için destek noktası olarak hareket eden imalat kaynakları ve kapasitelerinin birbiriyle ilişkili olduğu görülmektedir.

Eş zamanlı gelişim gösteren bu iki strateji, yöneticilere değişken durumlarda daha verimli kararlar almaları yönünde referans olmaktadır.

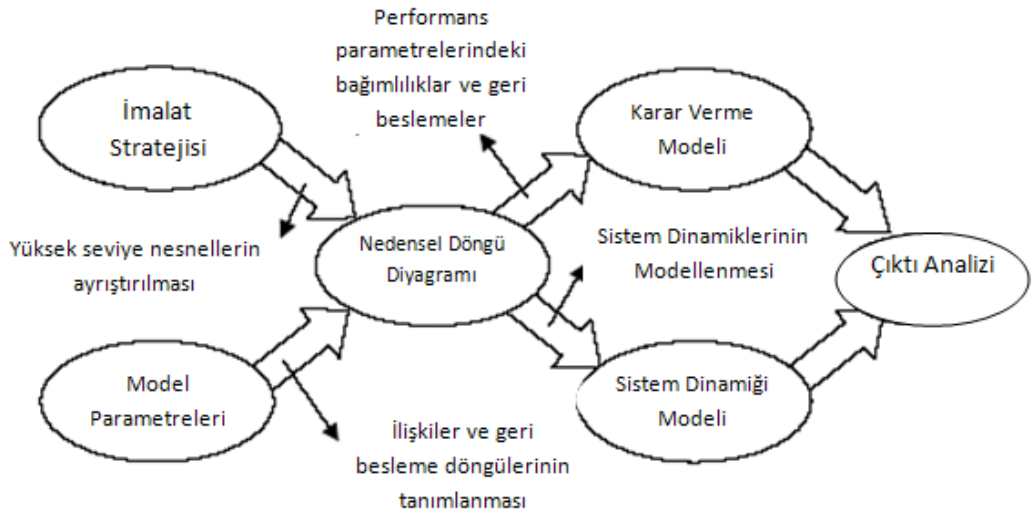
6.2 Sistem Dinamiği Modelleme Yaklaşımı

Nedensel döngü diyagramı (NDD), SD modellemenin ana elemanıdır. Şekil 6.1'de, kalite güvenliği ve uygunluğu bakış açısından bir imalat sistemi akış şemasındaki NDD gösterilmektedir. NDD'nin içerdiği elemanlar oran, seviye ve sabitlerdir. İmalat sistemleri açısından süreç içi işlemler (work in process – WIP), çıktı ya da yardımcı malzemeler seviyeler olarak kabul edilirken, üretim yüzdeleri veya kapasite orana karşılık gelir.

Şekil 6.1'den de görüleceği gibi örnek olarak alınan üretim sisteminde, güvenilirlik yapılabirlik, tolerans düzeyi, sistem konfigürasyonu ve hazırlık faaliyetleri ile bağımlıdır. Güvenilirlik üzerinde olumsuz bir hareket olduğunda üretimdeki malzeme akışında negatif etki meydana getirecektir.

Aşağıdaki etkenlerin bir ya da daha fazlasında yaşanacak olumsuzluklar da benzer şekilde malzeme akışına yansımaktadır:

- Yeniden çalışma oranında artış daha fazla WIP oluşumuna neden olur.
- Kabul edilmeyen ürünlerin sayısındaki artış çıktı miktarını azaltır.
- Kalite güvenliği sağlanmayan ürünlerdeki aşağı doğru akışı sağlayan faaliyetlerdeki hazırlıkların uzaması işlemin tamamlanma süresini arttırır.



Şekil 6.1 İmalat sisteminde nedensel döngü diyagramı (Tsfamariam ve Lindberg, 2005)

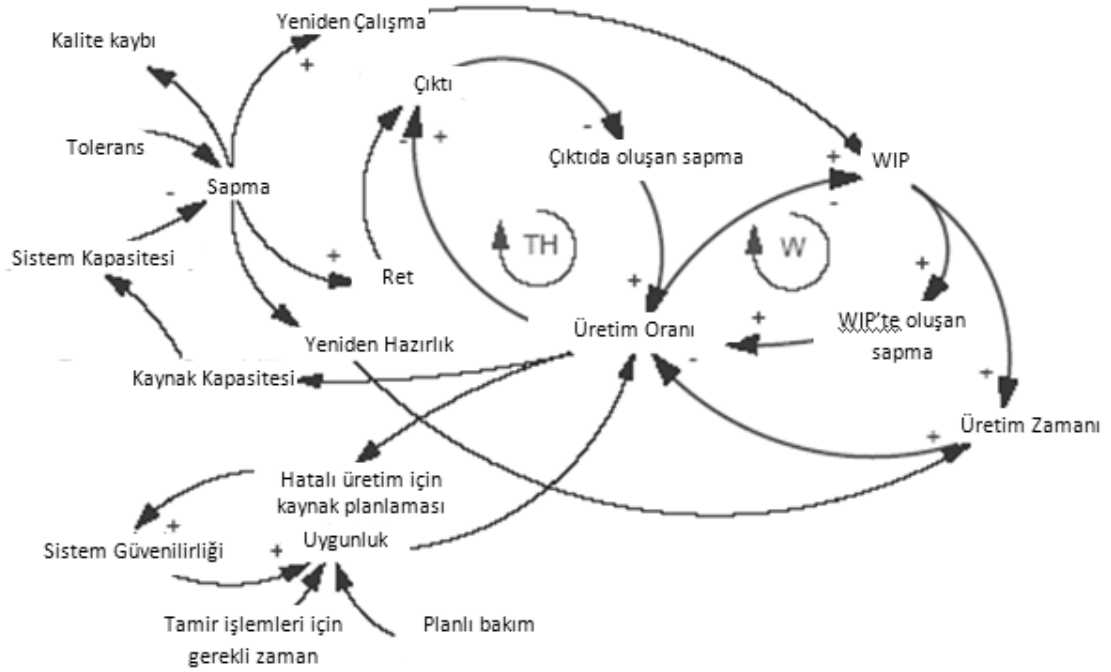
Lineer olmayan yüksek oranda zamana bağlı bu bağımlı ilişkiler sistemin yapısını yakalamaktadır. Sistemin bazı parçaları göz önüne alınacak olunursa, ilişkilerden bazılarını diğerlerinden daha belirgin hale getirmek gerekirken bazılarının da düşük önem seviyelerine sahip olmalarından dolayı ihmal edilebileceği unutulmamalıdır.

Şekil 6.1'deki NDD, imalatın maliyet, zaman, esneklik, bağımlılık gibi etkenlerinin birleştirildiği daha geniş gösterime sahip bir sistem olarak yorumlanabilir.

6.3 Sistem Dinamiği Simülasyon Modeli

Nedensel döngü diyagramındaki belirlenen bileşenler daha sonra sistem dinamiği modelindeki stok ve oran diyagramına dönüştürülür. Kurulan modelde, birleştirici oklar yardımıyla belirlenen bağımlı ilişkilerin yorumlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Şekil 6.2’de örnek imalat sisteminin stok ve oran diyagramı gösterilmektedir. Burada tipik ve genel bir üretim akış yapısı ele alınmıştır (Tsfamariam ve Lindberg, 2005).



Şekil 6.2 Üretim akışında kalite güvenilirliği ve uygunluğu için NDD (Tsfamariam ve Lindberg, 2005)

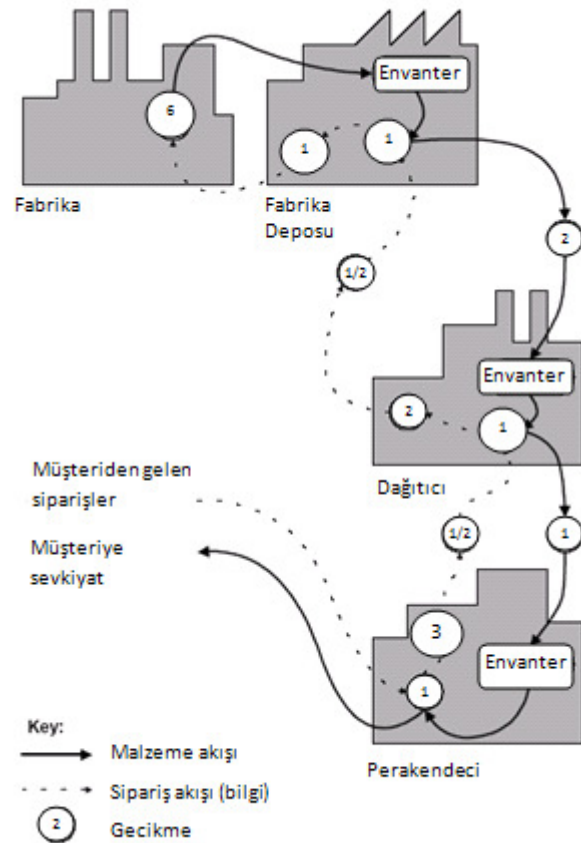
6.4 Tedarik Zinciri Yönetiminde Sistem Dinamiği Modelleme Sistemi

Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) ile ilişkili ilk yayınlanan Sistem Dinamiği Modelleme çalışması olan "Endüstriyel Dinamikler" karar vericiler için çok büyük bir adımdır (Forrester, 1958). Forrester (1961), kendi kurduğu temel modelin üstünde daha ileri ve daha detaylı analiz yaparak geliştirmiş ve modelin kullanımı ile yönetim eğitimi arasında bir bağlantı kurmuştur. Forrester'in simülasyon deneylerinde kullanmış olduğu klasik tedarik zinciri modeli Şekil 6.3'te gösterilmiştir.

Fabrikadan başlayarak fabrika deposu, dağıtıcı, perakendeci ve tedarikçiden müşteriye doğru akıntı yönünde bir malzeme akışı bulunmaktadır. Siparişler (bilgi akışı) yukarıya doğru akar ve zincirin her bir düğüm noktasında bir gecikme meydana gelir. Örneğin, sipariş süreci işlerken üretim zamanlarında ya da iş emirleri yerine getirilirken yaşanan gecikmeler (Angerhofer ve Angelides, 2000).

Forrester, kendi modelini örnek olarak ele alıp sürekli modellemeye dayanan modelleme sürecini tanımlamıştır. Bu sırada Sistem Dinamiği (SD) yöntemindeki geri besleme bilgisinin önemini vurgulamıştır. Bir SD çalışmasının ilk adımı problemin tanımlanması ve yanıt alınacak soruların formülasyonundan oluşur. Yapılacak çeşitli deneyler üzerinden model kavramcılığı, model parametrizasyonu ve modelin test edilmesi adımlarını ortaya koymuştur.

Forrester (1958), 1950'lerde yöneylem araştırması (YA) tekniklerinin tecrit edilmiş işletme problemlerine uygulandığı gerekçesiyle yapılan YA çalışmalarını kabul etmemiştir. Endüstriyel işletmelerin başarılı olabilmesi için bilgi, malzeme, sipariş, para, iş gücü ve sermaye akışının karşılıklı ilişkilerine bağlı olarak hareket edilmesi ve yönetim açısından bu akışları anlama ve kontrol etmenin temel görev olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 6.3 Tedarik zinciri modeli (Forrester, 1961)

Forrester Modeli'nden yola çıkarak tedarik zinciri yönetiminde SD modellemesi alanında yapılan AR-GE çalışmalarına Çizelge 6.1'de yer verilmiştir.

Çizelge 6.1 Model geliştirme aşamaları (Angerhofer ve Angelides, 2000)

Kategori (Çalışma alanı)	Araştırma: Teori oluşturma modellemesi	Uygulama: Problem çözme modellemesi	Araştırmanın uygulanması: Modellemenin geliştirilmesi
Envanter yönetimi	Sürekli simülasyon	1) Sürekli simülasyon 2) Yöneylem araştırması teknikleri	
Talep genişletme	Sürekli simülasyon	Sürekli simülasyon	
Tedarik Zincirinde Mühendislik Yönetimi		1) Nedensel döngü diyagramı 2) Sürekli simülasyon 3) Yöneylem araştırması teknikleri	1) Nedensel döngü diyagramı 2) Sürekli simülasyon 3) Yöneylem araştırması teknikleri
Tedarik zinciri tasarımı	Nedensel döngü diyagramı	1) Nedensel döngü diyagramı 2) Sürekli simülasyon 3) Yöneylem araştırması teknikleri	1) Nedensel döngü diyagramı 2) Sürekli simülasyon 3) Yöneylem araştırması teknikleri
Uluslar arası TZY	Nedensel döngü diyagramı	1) Nedensel döngü diyagramı 2) Sürekli simülasyon 3) Yöneylem araştırması teknikleri	1) Nedensel döngü diyagramı 2) Sürekli simülasyon 3) Yöneylem araştırması teknikleri 4) Kesikli simülasyon

Performans ölçüsü = (kalite*müşteri hizmet seviyesi)/(toplam maliyet*termin)
(Johansson vd., 1993)

Kavramsal tasarım adımlarının başlangıcı, fonksiyonel ve daha sonra fiziksel tanımlamaların yapıldığı dönüşüm ihtiyacına yönelik yukarıdan aşağıya doğru tasarım analizidir (Paul ve Beitz, 1988).

Endonezya'da yapılan bir çalışmada Cakravastia ve Diawati (1999); ürün kalitesi, maliyet ve sevkiyat süresini üç anahtar ölçüt olarak tanımlamıştır.

7. TEDARİKÇİ SEÇME ve DEĞERLENDİRME SİSTEMLERİ

Günümüzde tedarik zincirinde satın alma fonksiyonu birçok firma için zorlu bir süreç olmaktadır. Uluslar arası rekabet koşullarına uyma zorunluluğu da giderek artmaktadır. Özellikle satış gelirlerinin büyük bir yüzdesini satın alınan mamul ve hammaddeler için harcayan yani malzeme maliyetleri toplam maliyetlerinin büyük bir yüzdesini oluşturan firmalar için tedarik edilen ürünlerden sağlanan kazançlar çok önemlidir (Krajewski ve Ritzman, 1996).

7.1 Tedarikçi Seçiminde Karar Verme

Satın alma kararları satın alma sürecindeki görünen artıştan sonra daha fazla önem kazanmıştır. Firmalar tedarikçilerine daha da bağımlı hale gelirken verilen yanlış kararların direkt ve dolaylı etkileri daha ciddi sorunlara yol açmaktadır. Satın alma stratejileri ve operasyonları hakkında karar vermek karlılığın ilk adımlarından biri olmaya başlamıştır. Ayrıca maliyetlerin düşmesi, karlılık ve esneklik gibi konulara da direkt olarak etki etmektedir. Birçok uzman tedarikçi seçiminin satın alma departmanının vereceği en önemli karar olduğu konusunda birleşmektedir. Doğru tedarikçinin seçilmesi satın alma maliyetlerinin düşmesini sağlarken, firmanın rekabet gücünü de arttırmaktadır.

İşletmelerin başarılı bir şekilde faaliyet göstermeleri önemli ölçüde tedarik fonksiyonunun uygun işleyiş gösterebilmesine bağlıdır. Tedarik süreci bu açıdan tüm işletmeler için büyük önem arz etmektedir. Belirlediği hedeflere ulaşmak isteyen her işletme tedarik sürecini etkin bir şekilde yönetmek zorundadır (Dağdeviren vd., 2005).

Tedarikçi seçimi alıcı firmaların vereceği en önemli kararlardan biridir. Uygun bir tedarikçinin seçimi envanter yönetimi, üretim planlama ve kontrolü, nakit akışı ve ürün kalitesi gibi konuları sürekli olarak etkileyeceğinden büyük önem taşır.

Sonuç olarak, son zamanlardaki gelişmeler ve daha sistematik bir tedarikçi seçme yaklaşımına olan ihtiyacın artmasıyla tedarikçi seçimi satın alma departmanının en temel sorumluluklarından biri haline gelmiştir.

7.2 Alıcı Firma ve Tedarikçi İlişkileri

Birçok araştırmacı, “rekabetçi yaklaşım” ve “işbirlikçi ortaklık” olmak üzere iki farklı alıcı-tedarikçi ilişkisi üzerinde durmaktadır. Çizelge 7.1’de, Lamming tarafından tanımlandığı şekliyle her iki farklı ilişki hakkında genel bir kıyaslama yapılmaktadır (Lamming vd., 1996).

Çizelge 7.1 Alıcı firma-tedarikçi ilişkileri (Lamming vd., 1996)

İlişki Etkeni	Rekabetçi Yaklaşım	İşbirlikçi Ortaklık
Rekabetin doğası	Fiyat odaklı, rekabetçi	Teknoloji odaklı, işbirlikçi
Karar verme ölçütleri	Rekabetçi fiyat artırımı	Uzun dönemli geçmiş performans
Bilgi transferinin rolü ve yönetimi	Tek yönlü, kapalı	Her yönde maliyet görünümü
Kapasite planlamaya karşı tutum	Bağımsız	Stratejik planlanan ortak problem çözümleri
Dağıtım yönetimi	Düzensiz	Küçük partilerle TZÜ
Fiyat değişimlerine karşı tutum	Geleneksel fiyat anlaşmaları, kazan-kaybet	Maliyeti düşüren işbirliği programı, kazan-kazan
Ürün kalitesi	Firma içi kontrol edilen girişken ürünler	Sıfır hata için ortak çalışmalar
AR-GE’nin rolü	Alıcı firma tasarlar ve tedarikçi uygun olarak hazırlar	AR-GE çalışmalarına ilk adımından itibaren katılımcı tedarikçiler
Baskı seviyesi	Düşük – Alıcı firma tatmin olmazsa başka yere gider	Yüksek – Düşük maliyetli yöntemlerin bulunması için sürekli gelişim

7.2.1 Rekabetçi Yaklaşım

Geleneksel rekabetçi yaklaşımın temel amacı satın alınan ürün ve hizmetlerin fiyatlarını en aza indirmektir. Bu yaklaşım üç temel faaliyete dayanır:

1. Alıcı firma, ürün ve hizmetlerin sürekliliğini sağlayacak ve fiyat indirimi elde edebilmek için birbirleriyle yarışacak geniş bir tedarikçi grubu ile çalışır.
2. Alıcı firma satın alınacak ürünlerin miktarını tedarikçiler arasında paylaştırır.
3. Alıcı firma yakın ilişkiler kurarak kısa dönemli kontratlarla çalışmayı seçer.

Bu tür ilişkide, alıcı firma fazla sayıda tedarikçilerle kısa dönemli kontratlarla çalışarak tedarikçiler üzerinde daha fazla pazarlık gücüne sahip olmaya çalışmaktadır. Bu durumda alıcı firma tedarikçinin kaynaklarını etkin olarak kullanamaz ve tedarikçi ile uzun dönemli işbirliği sağlayamaz. Alıcı firma tedarikçilerin katma değerli servisler, teknolojik kazançlar, süreç gelişimi gibi rekabet avantajı kazandırıcı yeteneklerinde herhangi bir fark gözetmez (Humphreys, 2001).

7.2.2 İşbirlikçi Ortaklık

İşbirlikçi ilişki, riskleri paylaşmaya istekliliğin yanı sıra güven ve uzun dönemli ilişki için bağlılığa ihtiyaç duyar. İşbirlikçi ortaklık kurmak için bütün düzeylerde etkin iletişim, bilgi paylaşımı ve sürekli iç ve dış gelişim şarttır.

Satın alma üzerine yapılan yayınlar başarılı ortaklıklar için birçok tavsiyelerle doludur. Bir ortaklığın başarılı olabilmesi için bazı somut ve soyut faktörlerin tanımlı olması gereklidir. Soyut faktörler arasında üst yönetimin desteği, güven, esneklik, takım çalışması ve sabır sayılabilir. Düşük maliyet, toplam kalite yönetimi, kalite hedefi olarak sıfır hata, zamanında yapılan ödemeler, ortak AR-GE çalışmaları, elektronik veri transferi, TZÜ ile zamanında teslimat gibi faktörler ise somut ölçütler arasında gösterilir. Bu faktörlerin kurulumunda kullanılacak araçlar ise yapıcı geri bildirimler ile sürekli iyileştirme, ortak problem çözümü, sadece alıcı firma ve tedarikçinin değil ilgili tüm çalışanların katılımı, sürekli gelişim vs. olarak sayılabilir (Humphreys, 2001).

Günümüzde birçok üretici firma dünya çapında rekabet edebilmek için ilk adımın tedarikçileri ile güvene dayalı uzun süreli ortaklıklar olduğunun farkına varmışlardır. Bu

rekabetçi ortamda, üreticiler daha iyi performans gösterebilmek için tedarikçilerin onlara yardımcı olmasını beklemektedirler. Rekabet avantajı kazanmak için tedarikçiler ile daha işbirlikçi ilişkiler geliştirmek üretici firmaların daha fazla ilgisini çekmektedir (Gökçimen, 2004).

7.3 Tedarikçi Seçiminde Karar Süreci Karakteristikleri

Tedarikçi seçme kararları tedarik kaynağı olarak seçilecek olan tedarikçilerin sayısını ve özelliklerini belirleme ve sipariş miktarlarının bu seçilen tedarikçiler arasında atanması sürecidir. Tedarikçi seçme süreci kesinlikle zor ve karmaşık bir karardır. Özellikle karar verme sürecinde tek bir ölçüte bağımlı olarak hareket edilemez. Ürünlerin fiyat, kalite, hizmet seviyesi vs. gibi birçok niteliği vardır. Ayrıca maliyet, güvenilirlik ve dağıtım gibi birçok departmanı birlikte etkileyecek kararlar da seçim sürecine etki etmektedir. Seçim sürecine etki eden ölçütler nicel olduğu kadar nitel de olabilir ve hatta ölçütler kendi aralarında çelişebilir. Bu yüzden satın almaya stratejik açıdan yaklaşıldığında birden fazla ölçüt kullanmak gerektiği ortaya çıkmaktadır (Gökçimen, 2004).

Ellram (1990), stratejik tedarikçi seçiminde kalite ve dağıtım gibi klasik ölçütlerin yanı sıra daha uzun dönemli ve nitel olan stratejik uygunluk ve gelecekteki üretim kapasitesine uygunluk gibi ölçütlerin de kullanılması gerektiğini belirtmektedir. Kaynaklara bakıldığında tedarikçi seçiminde kullanılması muhtemel birçok ölçüt ve faktörlerden bahsedilmektedir. Her yazar kendi tezini savunmak amacıyla çeşitli ölçütler kullanmıştır.

Tedarikçi seçiminde unutulmaması gereken noktalardan biri de kullanılan ölçütlerin birbirleriyle çelişiyor olmasıdır. Örneğin en iyi fiyatı veren tedarikçinin en kaliteli üretici olmayabileceği ya da en iyi kalitede ürün veya hizmet veren tedarikçinin zamanında teslimat yapamayabileceği göz önüne alınmalıdır (Wind ve Robinson, 1968).

Tedarikçi seçim yöntemleri gözden geçirilecek olunursa, tedarikçi seçimi ile ilgili yayınlarda karar vermenin sınıflandırılmasına ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardaki temel faktörler karmaşıklık ve önem dereceleridir.

De Boer vd. (2001) tedarikçi seçme sürecini dört aşamada incelemektedir. İlk aşamada bir tedarikçinin seçiminden sonra edinilecek kazançların belirlenmesi için problem

tanımlanır ve ölçütlerin formülasyonu yapılır. İkinci aşamada, ölçütler net bir biçimde belirlenir ve üçüncü aşamada uygun tedarikçiler ön değerlendirmeden geçirilerek son aşamada kesin sonuçlara ulaşılır. Çizelge 7.2’de tedarikçi seçim yapısı gösterilmektedir.

Çizelge 7.2 Tedarikçi seçim yapısı (De Boer vd., 2001)

Satın almanın niteliği	Problemin tanımı	Ölçütlerin formülasyonu	Nitelik
Yeni iş (satın alma)	✓ Tedarikçi kullanılmalı mı? ✓ Değişken önem derecesi ✓ Var-yok kararı	✓ Tedarikçiler hakkında bilgi yok ✓ Önceden kullanılan ölçüt yok ✓ Değişken önem	✓ Küçük ilk tedarikçi grubu ✓ Derecelendirme yerine sınıflandırma
Değiştirilmiş tekrarlanan satın alma	✓ Daha az, fazla ya da diğer tedarikçilerle çalışılmalı mı? ✓ Orta/yüksek önem ✓ Tekrar eden karar verme	✓ Tedarikçilerle ilgili geçmiş bilgiler mevcut ✓ Daha önce kullanılan ölçütler mevcut	✓ Geniş bir ilk tedarikçi grubu ✓ Geçmiş bilgiler mevcut ✓ Derecelendirmenin yanı sıra sınıflandırma
Direkt tekrarlanan satın alma (alışılmış ürünler için)	✓ Mevcut tedarikçiyi değiştirmeli mi? ✓ Düşük/orta önem ✓ Tekrar eden karar verme	✓ Tedarikçilerle ilgili geçmiş bilgiler mevcut ✓ Daha önce kullanılan ölçütler mevcut	✓ Geniş bir ilk tedarikçi grubu ✓ Geçmiş bilgiler mevcut ✓ Derecelendirme yerine sınıflandırma
Direkt tekrarlanan satın alma (stratejik/darboğaz durumu için)	✓ Tedarikçi ile nasıl anlaşılmalı? ✓ Yüksek önem ✓ Tekrar eden değerlendirme	✓ Tedarikçilerle ilgili geçmiş bilgiler vardır ama gerçek seçimler çok azdır ✓ Daha önce kullanılan ölçütler mevcut	✓ Çok küçük tedarikçi grubu ✓ Derecelendirme yerine sınıflandırma

7.4 Tedarikçi Seçiminde Kullanılan Modeller

Genellikle tedarikçi seçimi çok ölçütlü bir karar verme problemidir. Lee vd. (2001) bu konuda ortaya konulan modellerin, matematiksel modeller ve ağırlıklandırma modelleri olarak iki ana kategoride ele alınabileceğini belirtmiştir. Bu detaylı sınıflandırmanın yanında Weber vd. (1991), Degraeve vd. (2000) sadece son karar aşamasını ele alan bir sınıflandırma yapmışlardır.

Niteliksel yöntemler görselleştirme araçlarını ve tedarikçi seçme sürecinin analizi ve çeşitli çözümler üzerine yapılan beyin fırtınalarını ele alır. Veri eşeleme teknikleri genel şablonlar oluşturmak için geçmişte verilen kararları inceler ve gelecekteki kararları iyileştirebilecek kurallar arar.

Lineer programlama gibi optimizasyon yöntemleri karar vericinin bir maliyet fonksiyonunu minimize ederek optimal sonuca ulaşmasını sağlar. Çok ölçütlü karar analizi teknikleri birçok değişik ölçüt için bir grup alternatifin sistematik olarak değerlendirilmesini sağlar.

Uygulama aşamasında, genelleştirilmiş Choquet bulanık integrali kullanılarak tedarikçi değerlendirme modeli üzerinden uygun tedarikçi seçimi yapılacaktır. Bulanık ANP yöntemi ile problem yeniden çözülerek sonuçlar karşılaştırılacaktır. Bulanık ANP’de kullanılacak olan bağımlı ölçütlerin belirlenmesi için sistem dinamiği simülasyon modelinden yararlanılacaktır. Son karar aşamasında, uygun tedarikçinin seçiminin yanı sıra alıcı firmanın çalıştığı üç tedarikçisinden hangi oranlarda ürün talep etmesi gerektiğini belirlemek için lineer programlama modeli kurularak çözüme destek sağlanacaktır.

7.4.1 Problem Tanımlama ve Ölçütlerin Formülizasyonu için Karar Modelleri

Problemin tanımlanması için kullanılan karar yöntemleri karar vericiye bir karar için gerekliliği ve mevcut alternatifleri sorgulamada yardımcı olur. Mandal ve Deshmukh (1994), tedarikçi seçiminde yapısal modellemeyi savunmuşlardır. Bu teknik grafik bir model yardımıyla tedarikçi seçim ölçütleri arasındaki ilişkileri tanımlayan ve özetleyen bir grup karardır. Bu yöntem karar vericiye bağımlı ve bağımsız ölçütleri tanımlayarak

yardımcı olur. Bağımlı ölçütler son kararın verilmesinde etkili olurken, bağımsız ölçütler son karar öncesi uygun tedarikçilerin denetlenmesi için kullanılır.

Tsai ve Lu (2006), psikolojik ve sözel terimlerin uygunluğu bakış açısından hareketle ölçülebilir değerleri ve bulanık değerleri gerçel sayılar olan standart Choquet integralini genelleştirmişlerdir. Tsai ve Lu'nun çalışmasında üç sütunlu SERVQUAL yapısı, bağımlı ölçütleri göz önüne alarak son kararın verilmesine yardımcı olmuş ve elektronik ortamdaki depoların toplam hizmet kalitesini değerlendirmelerini sağlamıştır.

7.4.2 Uygun Tedarikçilerin Ön Değerlendirilmesinde Kullanılan Karar Modelleri

Uygun tedarikçilerin ön değerlendirilmesinde kullanılan karar yöntemleri ilk tedarikçi grubundan daha az sayıdaki kabul edilebilir tedarikçi kümesinin oluşturulmasında kullanılır. Bu süreç birden fazla adımda gerçekleştirilebilir. Ancak ilk adım her zaman kabul edilebilir tedarikçi kümesinin tanımlanması ve belirtilmesi olarak ele alınır.

Diğer olası adımlar, dikkate alınacak tedarikçi sayısının azaltılması amacıyla kullanılır. Bu yüzden, ön değerlendirme aşaması sıralamadan çok bir sınıflandırma sürecidir. Ancak bu farklılaşma net olarak tanımlanmadığından, bu yöntemler son seçim aşamasında da kullanılmaktadır. Yine de bu yöntemler sınıflandırma özelliğinden dolayı ön değerlendirme aşaması için daha uygundur (Gökçimen, 2004).

7.4.2.1 Sınıfsal Yöntemler

Kategorik yöntemler olarak da tanımlanan sınıfsal yöntemler niteldir. Mevcut ya da tanıdık tedarikçiler geçmiş veriler ve alıcı firmanın tecrübesine göre bir grup ölçüt ile değerlendirilirler. Bu değerlendirmeler tedarikçinin performansının bir ölçüt açısından pozitif, nötr ya da negatif olarak sınıflandırılmasına dayanır. Bir tedarikçi bütün ölçütler göz önüne alınarak değerlendirildiğinde, alıcı firma yine bu üç seçeneğe göre genel bir değerlendirme yapar. Böylece tüm tedarikçiler bu üç sınıftan birine dahil olur. Bu sınıflandırma isteğe göre daha geniş skala oluşturularak kullanılabilir.

7.4.2.2 Veri Zarflama Analizi

Veri zarflama analizi (VZA) bir karar alternatifinin etkinliği kavramı üzerine kurulmuştur. Alternatifler fayda ölçütleri (çıktı) ve maliyet ölçütleri (girdi) ile değerlendirilir. Bir alternatifin etkinliği çıktıların ağırlıklandırılmış toplamının girdilerin ağırlıklandırılmış toplamına oranı ile hesaplanır. VZA, her tedarikçi için en uygun ağırlık kümesini bulur. Bu küme değerlendirilen tedarikçinin ya da diğer tedarikçilerin etkinliğinin “1”i geçmemesini sağlar. Ayrıca, değerlendirilen tedarikçinin etkinliğini maksimize eden ağırlıklar kümesine karşılık gelir. Bu yöntemle alıcı firma tedarikçileri etkin ve etkin olmayan tedarikçiler olarak sınıflandırır.

7.4.2.3 Gruplandırma Analizi

Kümelendirme esasına dayanan bu istatistiksel yöntemde bir grup eleman sınıflandırma algoritması kullanılarak gruplandırılır. Kümelerin içindeki elemanların arasındaki farklılıklar minimum, kümeler arasındaki farklılıklar ise maksimum olacak şekilde elemanları bir grup nicel özelliğe göre tanımlamaktadır. Bu yöntem, bir grup tedarikçinin belli birtakım ölçütler için aldıkları puanlar kullanılarak tedarikçi seçme aşamasında kullanılabilir. Kıyaslanabilir tedarikçilerin oluşturduğu kümelerin sınıflandırılmasını sağlar.

7.4.2.4 Örnek Olay Tabanlı Kıyaslama

Yapay zeka yaklaşımı altında da sınıflandırılabilen örnek olay tabanlı kıyaslama (case based reasoning – CBR) muhakeme esasına dayanır. CBR sistemi temel olarak karar vericiye geçmişteki benzer tecrübeler ve yararlı bilgileri veren bir veri tabanı yazılımıdır.

7.4.3 Son Karar Aşamasında Kullanılan Karar Modelleri

Konu ile ilgili çıkan yayınlar incelendiğinde satın alma sürecinin tedarikçi seçme karar aşaması için karar modelleri oluşturulduğu görölmektedir. Bu modellere aşağıda kısaca değinilecektir.

7.4.3.1 Ağırlıklandırılmış Modeller

Literatürde en çok kullanılan ve değerlendirme ölçütleri üzerine odaklanan ağırlıklandırma modelleri lineer puanlama modeli, AHP ve ANP gibi modelleri kapsamaktadır.

Lineer ağırlıklandırma modellerinde, ölçütlere ağırlıklar atanır. En yüksek ağırlık en önemli özelliğe karşılık gelir. Ölçütlerin aldıkları puanlar, ağırlıklar ile çarpılır ve kümülatif toplam alınır. Böylece her tedarikçi için tek bir puan elde edilmiş olur. En yüksek puana sahip olan tedarikçi seçilir.

Yapılan ilk uyarılama dikkate alındığında temel lineer ağırlıklandırma programını telafi edecek şekilde hazırlandığı görülmüştür. Telafi edici modelde bir ölçüte ait yüksek puan başka bir ölçütteki düşük puanı telafi edebilir. Modelin ilk halinde her ölçüt için farklı minimum seviyeler belirlenmelidir. Telafi edici modeller optimal karar vermeyi kolaylaştırır. Çünkü karar verici bütün ilgili ölçütleri ve ağırlıklarını modeli kurarken belirlemek zorundadır. Ayrıca satın alma kararı sadece tedarikçinin tek boyuttaki performansına bakılmaksızın genel performansına bakılarak belirlenir. Bir ya da daha fazla ölçütteki yüksek performans diğer ölçütlerin marjinal performansını telafi eder.

Bilimsel yayınlarda birçok ağırlıklandırma yöntemi bulunmaktadır. Modellerdeki teknik değişse de ortak olan nokta, karar vericinin modele doğrudan ağırlık atayamaması ve ölçüt için performans puanı verememesidir. Aksine, ölçütlerin puanlarını vermek ya da sadece nitel bir sıralama yapmak yeterli olacaktır. Ancak bu istatistiksel yöntemlerin kullanımı pek çok kullanıcı için kolay değildir, hatta karar verme sürecini oldukça yavaşlatabilir.

Birçok yazar ise tedarikçi seçim sürecinde bulanık mantık teorisinin kullanımının bu süreçteki belirsizlik ve müphemliği ortadan kaldıracağını savunmaktadır. Bulanık mantık belirsiz tercihlerin modellenmesi için kesin bir matematiksel yoldur. Bu durumdaki birtedarikçi seçiminde ölçütlerin ağırlıklarının belirlenmesi önem taşır (Gökçimen, 2004).

7.4.3.2 Toplam Maliyet Modelleri

Toplam maliyet modelleri (TMM) satın alınan ürünün yaşam eğrisinde tedarikçi seçimindeki bütün sayısallaştırılabilen maliyetler üzerine kurulmuştur. Ellram (1994), işlem öncesi, işlem sırasında ve işlem sonrası maliyetler gibi bir ayırım yapılabileceğini ortaya koymuştur. Tedarikçi seçiminde kullanılan TMM tabanlı modeller, temel olarak tedarikçi seçimi ile ilgili maliyetlerin sayısallaştırılması, özetlenmesi ve tedarikçi tarafından kısıtlanan birim fiyatın buna göre ayarlanmasından oluşmaktadır. Bu yöntem daha çok bilgisayarlı maliyetlendirme yapan geniş ölçekli işletmelerde kullanılabilir.

7.4.3.3 Matematiksel Programlama Modelleri

Lee vd. (2001), matematiksel programlama (MP) modellerini hedef programlama veya çok amaçlı programlama ve linner programlama veya kısıt olarak çoklu amaçların kullanıldığı karmaşık tamsayılı programlar olarak belirlemiştir.

Matematiksel programlamada, karar problemi amaç fonksiyonundaki değişkenlerin değerlerini değiştirerek minimize veya maksimize edecek olan matematiksel bir amaç fonksiyonu şeklinde formüle edilmektedir. MP modellerinin karar vericiyi amaç fonksiyonunu açıkça belirlemek zorunda bırakması, sıralama yöntemlerine göre bu yöntemi daha nesnel yapmaktadır. Ancak MP modellerinde ağırlıklı olarak nicel ölçütlerin kullanıldığı unutulmamalıdır.

7.4.3.4 İstatistiksel Modeller

İstatistiksel modeller tedarikçi seçimi ile ilgili stokastik belirsizlikler ile ilgilenir. Stokastik belirsizlik birçok satın alma durumunda mevcut olsa da çok az tedarikçi seçim modeli bu problem ile uğraşır. Yayınlanmış istatistiksel modeller bir ölçüt için belirsizliklere uygun olarak tasarlanmıştır (De Boer vd., 2001).

7.4.3.5 Yapay Zeka Temelli Modeller

Yapay zeka temelli modeller bilgisayar destekli sistemlere dayanır. Sinir ağları ve uzman sistemler tedarikçi seçiminde uygulanmış yapay zeka örnekleridir. Sinir ağları gibi yöntemlerin güçlü tarafı karar verme sürecinin formülasyonuna ihtiyaç

duyulmamasıdır. Bu açıdan yapay zeka temelli modeller insan beyninin karar verme fonksiyonlarına benzer olduğundan sinir ağları gibi yöntemler geleneksel yöntemlere göre karmaşıklık ve belirsizlikle daha iyi başa çıkabilir.

Sistem kullanıcısının sinir ağlarına mevcut durumun özelliklerini girmesi yeterlidir. Sinir ağları uzman yaklaşımı ya da önceki olaylara dayanarak kullanıcı için gerekli olan değerlendirmeyi yapacaktır.

8. ÖNERİLEN TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME MODELİ

Şirketler faaliyetlerini sürdürebilmek için farklı tedarikçilerle çalışmaya ihtiyaç duyarlar. İmalat endüstrisinde hammadde ve yarı mamul parçaların maliyeti ürün maliyetinin %70'ine ulaşabilir. Bu gibi durumlarda satın alma bölümü, maliyeti azaltma ve satın alma yönetiminin en önemli fonksiyonlarından biri olan tedarikçi seçiminde anahtar rolü oynayabilir (Ghodsypour ve O'Brien, 1998).

Temel olarak iki çeşit tedarikçi seçme problemi vardır. İlkinde tedarikçi seçiminde tek bir tedarikçi alıcının tüm ihtiyaçlarını karşılamaktadır (tek kaynaklı). Yönetim hangi tedarikçinin en iyisi olduğuna karar verir. İkinci durumda (çok kaynaklı), hiçbir tedarikçi alıcının tüm ihtiyaçlarını tek başına karşılayamaz. Bu gibi durumlarda yönetim sürekli rekabetçi bir ortam yaratarak ve çeşitli nedenlere dayandırarak tedarikçilere sipariş miktarlarını bölüştürür (Demirtaş ve Üstün, 2008).

Tedarikçi seçiminin ana konusu, tedarikçinin yeteneklerinin değerlendirilmesinde izlenecek yolun ne olması gerektiğidir. Bu tarz imalatçılar, yüzlerce hatta daha fazlası binlerce tedarikçinin performansını ve yeteneklerini direkt olarak kontrol edemezler ama yine de bu imalatçılar için, hammadde sağlanmasında tedarikçinin yeteneği çok önemli bir noktadır. Buna bağlı olarak, sipariş alındığında talebi karşılamak için tedarikçinin kendi üretim çizelgesini oldukça sıkı takip etmesi bu firmalarda çok yaygındır. Bununla birlikte uluslar arası üretim çizelgelerinin tedarikçiler tarafından yenilenmesindeki kabiliyet, tedarikçinin performans seviyesi üzerinde çok önemli etkiye sahiptir. Tedarikçi firmanın kalite görüşlerinden, ürün kalitesinden ve onların zamanında teslimat yapabileceklerinden emin olunamayabilir. Bu nedenle, sistematik bir seçim süreci ve onun etkin özelliklerinin bir sonucu olarak uygun tedarikçiler seçilirken, imalatçı firma potansiyel tehlikeleri değerlendirmeli ve analiz etmelidir. Gerçekten karar verme prosesinde, kararla ilgili olan değişik kriterler tedarikçi ya da ortak seçiminde dikkate alınmalıdır (Çerçioğlu, 2004).

Bu bölümde, tekstil sektöründeki bir şirketin sürekli çalıştığı üç tedarikçisi arasından en uygun olanının seçimine ve belirli bir zaman diliminde almış olduğu siparişlerin bu

tedarikçiler arasında en uygun şekilde dağıtılmasına ilişkin bir tedarikçi değerlendirme modeli üzerinde durulacaktır.

Modeli oluşturacak tedarikçi değerlendirme ölçütleri; tekstil sektöründeki şirketin üretim planlama, satın alma ve pazarlama bölümlerinde deneyimli üç karar verici tarafından belirlenecektir.

Belirlenen tedarikçi değerlendirme ölçütleri çok sayıda, birbiri ile bağımlı ve geri beslemelere açıktır. Çok ölçütlü, belirsizlikleri ortadan kaldırmak amacıyla bulanık ortamda bağımlı ölçütleri dikkate alacak ve ölçütler arasında hiyerarşik yapıyı gözetecek şekilde bir değerlendirme yöntemi olan Genelleştirilmiş Bulanık Choquet İntegrali (GCBİ) ile tedarikçi değerlendirme problemi çözülecektir. İlk aşamada en iyi tedarikçiyi belirlemek esas alınacaktır.

Değerlendirme sonuçlarının tutarlılığını kontrol etmek ve karşılaştırma yapmak amacıyla bağımlı ölçütler arasındaki ilişkiyi gözetten ikinci bir değerlendirme yöntemi olarak Bulanık Analitik Şebeke Prosesi (FANP) yöntemi kullanılacaktır.

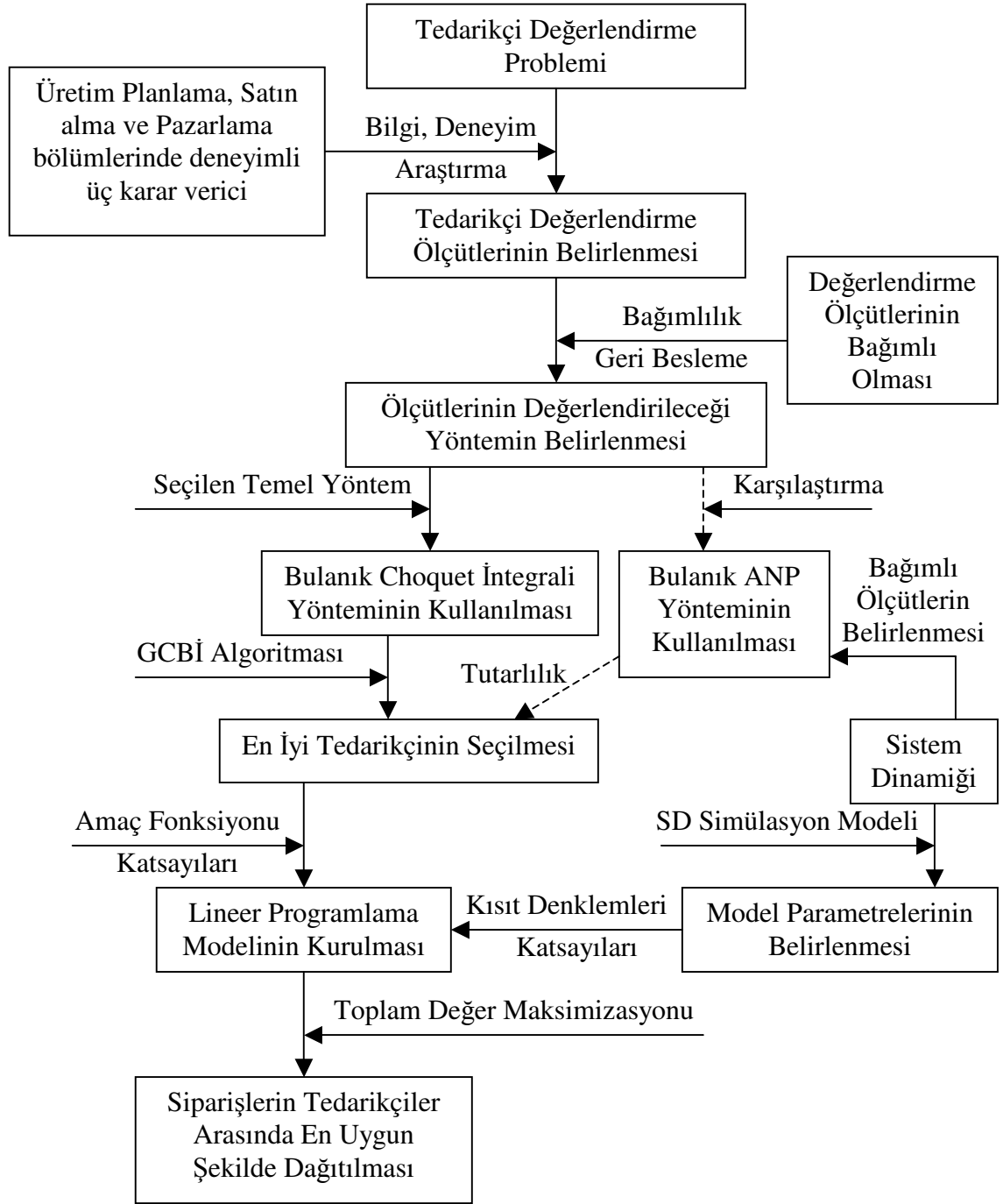
Bulanık ANP’de yararlanılacak olan bağımlı ölçütlerin belirlenmesi için Sistem Dinamiği Simülasyon Modeli (SDSM) kullanılacaktır.

En iyi alternatifin belirlenmesinin yanı sıra işletmenin aldığı siparişleri mevcut tedarikçileri arasında en uygun şekilde dağıtması problemi ele alınacaktır. Bu problemin çözümünde Lineer Programlama (LP) kullanılacaktır.

GCBİ algoritmasından elde edilecek tedarikçi değerlendirme sonuçları, kurulacak olan LP modelinde amaç fonksiyonunun katsayıları olarak ele alınacaktır. LP modelindeki kısıt denklemlerinin kurulmasında SDSM’de kullanılacak model parametrelerinden yararlanılacak ve bulunan değerler ilgili kısıtların katsayıları olarak değerlendirilecektir.

LP modelinin amaç fonksiyonunu oluşturan Toplam Değerin (TD) maksimizasyonu hedefi ile en fazla siparişi alacak olan tedarikçi belirlenecektir.

Şekil 8.1’deki akış diyagramında önerilen tedarikçi değerlendirme modelinin tüm adımları gösterilmektedir.



Şekil 8.1 Tedarikçi değerlendirme modeli için akış diyagramı

8.1 Tedarikçi Değerlendirme Ölçütleri

Bu bölümde, tekstil sektöründe uygun tedarikçiyi belirlemek için dört ana ölçüt ve bu ölçütlere bağlı alt ölçütler açıklanacaktır.

8.1.1 Genel Tedarikçi Kriterleri

Ana değerlendirme ölçütlerinden biri olarak belirlenen genel tedarikçi kriterleri fiyat, coğrafi konum, kalite, firmanın mali durumu ve esneklik alt ölçütlerinden oluşmaktadır. Alt ölçütlerin kapsamına kısaca değinilecektir.

8.1.1.1 Fiyat

Tedarikçinin ürün veya hizmet fiyatlarının değerlendirilmesidir. Tedarikçinin ürün veya hizmet fiyatları aşağıdaki durumlar göz önüne alınarak değerlendirilir:

- Diğer tedarikçilerin ürün veya hizmet fiyatları
- Rakiplerin temin ettiği ürün veya hizmet fiyatları
- Müşterinin belirlediği ürün veya hizmet fiyatları
- Pazarda oluşan ürün veya hizmet fiyatları

Ürün veya hizmetlere ait satın alma fiyatları değerlendirilirken aşağıdaki durumlar dikkate alınmalıdır:

- İlave teslimat maliyetleri (nakliye, ithalat vb.)
- Tedarikçinin lojistik, kalite, teknoloji vb. konulardaki düşük performansından kaynaklanan ilave masraflar (yanlış paketleme, etiketleme, geç teslimattan kaynaklanan uçak reklamasyonu, kalitesiz ürün vb.)
- Yapılan işin hacmine bağlı olarak kademeli fiyat uygulamalarına yatkınlık

8.1.1.2 Coğrafi Konum

Tedarikçinin coğrafi konumunun satın alınacak ürün veya hizmetin kullanım yerine uygunluğu (mesafe) değerlendirilmesidir. Tedarikçinin coğrafi konumunun işletmeye ait ihtiyaçların istenilen zamanda ve miktarda karşılanmasına uygun olup olmadığının değerlendirilmesidir.

Alıcı firmaya en yakın noktada bulunan tedarikçinin taşıma ve hizmet avantajları uzaktaki bir tedarikçiye göre daha fazladır. Eğer kabul edilebilir yakınlıkta bulunan yeterli sayıda tedarikçi varsa liste hazırlanırken uzaktaki tedarikçileri bu listeye katmak

gerekli olmayabilir. Ancak kabul edilebilir tedarikçilerin sayısı az ve coğrafi açıdan dağılmış durumda ise kaynağın yeri daha az önemli hale gelir (Gökçimen, 2004).

8.1.1.3 Kalite

Tedarikçinin malzeme giriş kontrolü yapılan ürünleri için göstermiş olduğu kalite performansının sonuçlarına bağlı olarak değerlendirilmesi yapılır. Malzeme giriş kontrolü yapılmıyorsa tedarikçi ile ilgili birimin tedarikçiye ait iade kabul ve şartlı kabul oranları hakkındaki fikri göz önüne alınarak değerlendirme yapılabilir.

Kalite sistem denetimi yapılmayan tedarikçilerin değerlendirilmesinde aşağıda belirtilen konu başlıkları hakkında değerlendirme yapılmaktadır (Altunbaş, 2005):

1. Organizasyon, yetki ve sorumluluklar
2. Sipariş yönetimi
3. Dokümantasyon
4. Satın alma
5. Üretim
6. Kalite güvenliği/Kalite kontrol
7. Muayene, ölçü ve test ekipmanlarının kontrolü
8. Paketleme, depolama, muhafaza ve sevkiyat
9. Çevre, iş sağlığı ve güvenliği

Tedarikçi konuların genelinde yeterli durumda olmasına rağmen, sorumlu tutulduğu değerlendirme bölümlerinden en az birinden yetersiz durumda ise derecesi yetersiz olarak tescil edilir.

Kalite yönetim sistem belgesinin varlığı göz önünde bulundurularak değerlendirme yapmak uygun olacaktır. Değerlendirme yapılırken tedarikçinin aşağıdaki kriterler açısından hangi durumda olduğu düşünülmelidir.

- Tedarikçi ile ship-to-stock, ship-of-the-line vb. kalite anlaşmaları yapılmış olması durumu

- Tedarikçinin ISO kalite standartlarına uygun bir kalite yönetim sistem belgesine sahip olması durumu (Tekstil sektöründe Eko-Teks belgesi vb.)
- Tedarikçinin etkin bir kalite yönetim sistemi oluşturma durumu

Kalite ölçütü ile bir diğer önemli husus da satın alma açısından bakıldığında, alınan ürün kalitesinin son ürünün en ekonomik düzeyde kullanımını sağlamasıdır. Alınan ürünün mükemmelliğinden ziyade ürünün istenilen özelliklere sahip olma ölçütüdür (beklenen değeri karşılama). Bu açıdan bakıldığında ürün kalitesinin belirlenmesi aslında satın alma elemanının yargısıdır. Satın alma sürecinde ürün ile ilgili aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir (Gökçimen, 2004):

1. Ürün özellikleri ve/veya tasarımı
2. Numune veya gösterim
3. Diğer kullanıcıların tecrübeleri
4. Ürünün pazardaki saygınlığı

8.1.1.4 Mali Durum

Tedarikçinin mali durumunun değerlendirilmesidir. Tedarikçinin mali durumu, işletmenin ihtiyaçlarının karşılanmasına uygunluğu göz önüne alınarak belirlenir:

- Ciro
- Nakit akışı
- Çeklerin vadesi ve geri dönüşler
- Demirbaşlar
- Makine parkı (boya kazanları sayısı, kapasitesi vs.)
- Kazanç performansı
- Çalışanların yapısı

8.1.1.5 Esneklik

Tedarikçinin acil durumlarda veya işletme tarafından yapılan değişiklik isteklerindeki tutumunun değerlendirilmesidir. Ayrıca değerlendirme yapılırken tedarikçinin aşağıdaki durumlardaki tutumu da göz önüne alınmalıdır (Altunbaş, 2005):

- Acil ihtiyaçların giderilmesi
- Kısa zamanda bildirilen değişikliklerin yerine getirilmesi
- Kısa zamanda bildirilen miktar (hacim) değişikliklerinin karşılanması
- Sözleşmelerde yapılan değişikliklere uyum sağlanması

8.1.2 Üretim Kapasitesi

Tedarikçinin üretim veya hizmet kapasitesinin değerlendirilmesidir. Tedarikçinin alıcı firmanın potansiyel ihtiyaçlarını zamanında, eksiksiz ve aynı kalitede karşılayacak güçte olup olmayacağının değerlendirmesi yapılır. Bunun için tedarikçinin tekstil sektöründeki yeri, geçmişteki performansı ve müşteri ihtiyaçlarını karşılamadaki yeteneğine alt ölçütler kapsamında kısaca değinilecektir.

8.1.2.1 Tekstil Sektöründeki Yeri

Tedarikçinin sektöründe göstermiş olduğu geçmiş performansına bağlı olarak, kapasitesi ve kalite anlayışı da göz önüne alındığında elde ettiği yerin değerlendirilmesidir.

Bir tedarikçinin seçiminde, ürün veya hizmet maliyetlerinin analizinde göstermiş olduğu şeffaflık ve tedarikçinin sunmuş olduğu tekliflerin ticari yönden öne sürülen yükümlülükleri ne derecede sağladığı da sektör içindeki yerinin önemine işaret etmektedir.

8.1.2.2 Geçmiş Performansı

Tedarikçinin geçmiş performansı aynı ya da benzer bir ürünün, aynı ya da potansiyel kaynaklardan alınmasıyla kazanılan tecrübeye dayanmaktadır. Satın alma departmanları daha çok büyük miktarlarda alım yapılan tedarikçilerin performanslarının kayıtlarını

tuttukları için genel olarak performans değerlendirmeleri alım yapan kişinin öznel yorumlarına bırakılır. Bu noktada tedarikçilerle ilgili bilgilerin yer aldığı dosyaların bulunması karar verici için kolaylık sağlayacaktır. Tedarikçinin geçmiş performansı değerlendirilirken dikkate alınması gereken faktörler aşağıda özetlenmiştir (Gökçimen, 2004):

- Daha önceki alımlardaki kalite performansı
- Daha önceki alımlardaki ürün/hizmet performansı
- Fiyatlandırma politikası
- Üst yönetimin yaklaşımı
- Güvenilirlik

8.1.2.3 Müşteri İhtiyaçlarını Karşılama

Tedarikçiden beklenen hizmetin yerine getirilmesiyle müşteri ihtiyaçlarının karşılanması sağlanabilir. Burada endüstriyel ilişkilerin söz konusu olduğu durumlarda hizmet faktörünü açıklamak kolay değildir.

Hizmet, satış elemanının iletişim için attığı ilk adımla başlar. Siparişlerin zamanında ve etkin bir şekilde değerlendirilmesi, ürün özelliklerindeki veya dağıtım talimatlarındaki değişikliklere verilen tepkiler, nakliye performansı, zamanında ve doğru faturalama vs. ile devam eder. Ürünün kullanımı ile ilgili teknik destek, müşteri şikayetlerine çabuk tepki, gerekli yedek parçaların anında sağlanması da tedarikçinin verdiği hizmet kapsamına girmektedir. Bu beklentilerin doğru ve tam zamanında sağlanmasıyla müşteri ihtiyaçları karşılanmış olur.

Alıcı firma ayrıca tedarikçinin ürün için yeterli garanti vermesini, gerekli olduğunda kurulum ya da montajını yapmasını, ihtiyaç duyulduğunda parça değişimini sağlamasını da göz önünde bulundurmalıdır.

8.1.3 Lojistik

Tedarikçinin lojistik sisteminin değerlendirilmesidir. Tedarikçinin kendi iç bünyesinde, işletmenin satın aldığı mal veya hizmetler için oluşturduğu lojistik sisteminin aşağıdaki süreçlerdeki yeterliliği değerlendirilir (Altunbaş, 2005):

- Sipariş alma
- Sipariş teyidi
- Siparişin işleme alınması
- Siparişin üretimi
- Siparişin sevk edilmesi

8.1.3.1 Teslimat Performansı

Tedarikçinin satın alma ve sevkiyat sürecinde göstermiş olduğu tutum ile sevkiyat süresi (termin) ve miktarına uyumunun değerlendirilmesidir.

Tedarikçinin satın alma sürecinde (teklifin verilmesinden garanti kapsamının sonuna kadar) aşağıda belirtilen durumlarda ne kadar düzenli ve doğru hareket ettiğinin değerlendirmesi yapılır:

- Sipariş mektubunun teyit edilmesi
- Sipariş teyitlerinin saklanması
- İrsaliye ve faturanın sözleşmeye uygun olarak hazırlanması
- Gerekli dokümanların eksiksiz hazırlanması
- Kısmi sevkiyatların zamanında ve eksiksiz olarak tamamlanması
- Öngörülen paketleme koşullarına uygunluk
- Satış sonrası hizmetin kalitesi

Sevkiyat süresi ve miktarına uyumun değerlendirilmesinde aşağıdaki durumlar göz önüne alınmalıdır:

- Ürün ve hizmetler için teyit edilen sevkiyat/işi bitirme sürelerine uyumu

- Ürün ve hizmetler için teyit edilen sipariş mektubundaki miktarlara uyumu
- Sevkiyat belgelerinin ve gerekli evrakların zamanında teslimi

Burada, dikkat edilmesi gereken önemli hususlar gerçekçi olarak yapılmayan teslimat çizelgelerinin rekabet şansını azaltması, maliyetleri arttırması ve ürün kalitesini tehlikeye sokmasıdır. Alıcı firmalar tedarikçileri ile uygun ve gerçekçi teslimat zamanları ve şartları üzerinde anlaşmalı ve diğer satın alma ihtiyaçlarını tehlikeye atmamalıdır.

8.1.3.2 Paketleme

Tedarikçinin teslimatını sağladığı ürünlerin ambalajlanmasında göstermiş olduğu performansın değerlendirilmesidir. Dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda verilmiştir:

- Teslimatı yapılacak ürünün doğru ve uygun şekilde ambalajlanması
- Alıcı firmayı doğru bir şekilde bilgilendirecek etiketlenmenin yapılması
- Paketlenen ürün miktarının (çuval adedi, koli sayısı vb.) irsaliye ya da faturada doğru olarak belirtilmesi

8.1.4 İşbirliği, Hizmet ve Destek

Tedarikçinin alıcı firma ile olan işbirliğini satın alma, kalite, lojistik ve teknik işbirliği olarak dört ana başlık altında toplamak mümkündür. Bu başlıklardan yola çıkarak ilişkilerin yakınlığı, anlaşmazlıkların çözümü ve renk çalışmaları süreci alt ölçütlerine kısaca değinilecektir.

8.1.4.1 İlişkilerin Yakınlığı

Tedarikçilerin ürünlerin kalitesi ya da satın alma süreçleri çerçevesinde alıcı firmalarla yapmış olduğu işbirliğinde karşılıklı olarak ilişkilerin yakınlığının değerlendirilmesidir. Değerlendirme sırasında aşağıdaki hususlar göz önüne alınmalıdır:

- Ürün veya hizmet kalitesi ile ilgili sorunlarda hızlı geri dönüş yapılabilmesi
- Yardım ve destek talebinde anlayış gösterebilme ve işbirliği yapma durumu

- Müşteri temsilcilerinin alıcı firmayı ziyaret sıklığı
- Kalite kontrol raporları, test sertifikaları, garanti belgeleri gibi dokümanları sağlama durumu
- İstenilen zamanda müşteri temsilcilerine ulaşılabilirlik

8.1.4.2 Anlaşmazlıkların Çözümlemesi

Tedarikçilerin ürünlerin kalitesi ya da satın alma süreçleri çerçevesinde alıcı firmalarla yaşadığı sorunlar ile aralarındaki anlaşmazlıkların çözümü için öne sürülen çözüm önerilerinin değerlendirilmesidir. Aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Karşılaşılan sorunlara gösterilen tepki süresi
- İletişim kalitesi
- Verilen tekliflerin alıcı firmanın istekleriyle uyuşması
- Hatalı ürünlerle ilgili olarak çözüm getirme
- Sorunları çözmek için etkin önlemler alabilme
- Özellikle kalite ile ilgili konularda irtibat kurabilme hızı ve sürekliliği
- Hatalardan kaynaklanan gecikmelerde acil isteklerin yerine getirilmesi

8.1.4.3 Renk Çalışması Süreci

Tedarikçiye yönelik olan teknik taleplerin (tekstil sektöründe numune çalışmaları, renk çalışmaları vb.) nasıl ele alındığı ve tedarikçinin bu süreç içinde sağladığı destek ve işbirliğinin değerlendirilmesidir. Değerlendirme yapılırken aşağıdaki hususlar göz önüne alınmalıdır:

- Numune talep edilmesi durumunda gerekli araştırmayı yapabilme, zaman harcayabilme durumu
- Siparişlerin alınmasında önemli rol oynayan renk çalışmalarının en hızlı ve doğru şekilde geri dönüşlerinin sağlanabilmesi

Tedarikçi değerlendirme ölçütleri Çizelge 8.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 8.1 Tekstil sektöründe tedarikçi değerlendirme ölçütleri

Değerlendirme ölçütü	Kısaltma	Ölçüt parametresi
<i>Genel Tedarikçi Kriterleri</i> (ana ölçüt)	GTK	T ₁
Fiyat	F	s ₁₁
Coğrafi Konum	CK	s ₁₂
Kalite	K	s ₁₃
Mali Durum	MD	s ₁₄
Esneklik	E	s ₁₅
<i>Üretim Kapasitesi</i> (ana ölçüt)	ÜK	T ₂
Tekstil Sektöründeki Yeri	TSY	s ₂₁
Geçmiş Performansı	GP	s ₂₂
Müşteri İhtiyaçlarını Karşılama	MİK	s ₂₃
<i>Lojistik</i> (ana ölçüt)	L	T ₃
Teslimat Performansı	TP	s ₃₁
Paketleme	P	s ₃₂
<i>İşbirliği, Hizmet ve Destek</i> (ana ölçüt)	İHD	T ₄
İlişkilerin Yakınlığı	İY	s ₄₁
Anlaşmazlıkların Çözümlemesi	AÇ	s ₄₂
Renk Çalışması Süreci	RÇS	s ₄₃

8.2 Bulanık Sayılı Choquet İntegrali Algoritma Yapısı ile Tedarikçi Performansının Değerlendirilmesi

Bu bölümde, üç tedarikçi arasından en iyi olanın belirlenmesi için bulanık sayılı Choquet integralinin algoritma yapısında yer alan adımlar izlenerek tedarikçilerin performansları değerlendirilmektedir.

Adım 1. Belirlenen i ölçütü, karar vericilerin sözel tercihlerinden elde edilen önemlilik derecesi, gerçekleşen tedarikçi performansı ve beklenen tedarikçi performansının tolerans aralığı araştırılmış ve Çizelge 3.1’de verilen sözel ifadeler üzerinden karar vericilerin yanıtlarından elde edilen ifadelerden bir örnek Çizelge 8.2’de gösterilmiştir. Bu çizelgede tek karar verici örneği ele alınarak beklenen tedarikçi performansı, önemlilik dereceleri ve gerçekleşen tedarikçi performanslarının sözel ifadelerine yer verilmiştir.

Çizelge 8.2 Tek karar verici örneği üzerinden sözel ifadeler

Ölçütler	Ölçütün bireysel önemliliği	Beklenen tedarikçi performansının tolerans aralığı	Tedarikçi performansı		
			Tedarikçi-1	Tedarikçi-2	Tedarikçi-3
T ₁ : GTK	ÇÖL				
s ₁₁ : F	ÖL	[O,ÇÖL]	Y	FY	AY
s ₁₂ : CK	AÖL	[O,ÖL]	ÇY	ÇY	O
s ₁₃ : K	FÖL	[ÇÖL,FÖL]	AY	Y	ÇY
s ₁₄ : MD	ÖL	[ÖL,ÇÖL]	ÇY	AY	FY
s ₁₅ : E	ÇÖL	[ÖL,ÇÖL]	FY	AY	Y
T ₂ : ÜK	FÖL				
s ₂₁ : TSY	ÇÖL	[ÇÖL,FÖL]	Y	AY	FY
s ₂₂ : GP	ÇÖL	[ÖL,ÇÖL]	AY	Y	FY
s ₂₃ : MİK	ÖL	[ÖL,FÖL]	Y	AY	ÇY
T ₃ : L	ÇÖL				
s ₃₁ : TP	FÖL	[ÇÖL,FÖL]	ÇY	Y	FY
s ₃₂ : P	ÇÖL	[O,ÇÖL]	FY	O	AY
T ₄ : İHD	ÇÖL				
s ₄₁ : İY	ÇÖL	[ÇÖL,FÖL]	FY	Y	AY
s ₄₂ : AÇ	FÖL	[ÇÖL,FÖL]	Y	AY	O
s ₄₃ : RCS	ÇÖL	[AÖL,ÇÖL]	ÇY	Y	AD

Adım 2. Tedarikçilerin performansı ve beklenen tedarikçi performansının tolerans aralıklarının birbiriyle genel olarak tutarlı olduğu göz önüne alınarak bu çalışmada sözel ifadelerin tanımlanmasında yamuk bulanık sayılar kullanılmıştır. t karar verici ve i ölçütleri dikkate alınarak önemlilik derecesi $\tilde{A}_i^t = (a_{i_1}^t, a_{i_2}^t, a_{i_3}^t, a_{i_4}^t)$, tedarikçi performansı $\tilde{p}_i^t = (p_{i_1}^t, p_{i_2}^t, p_{i_3}^t, p_{i_4}^t)$ ve beklenen tedarikçi performansının tolerans aralığı $\tilde{e}_i^t = (e_{i_{1L}}^t, e_{i_{2L}}^t, e_{i_{3U}}^t, e_{i_{4U}}^t)$ olarak parametrize edilmiştir. $t=3$, $i=1,2,\dots,n_j$, $j=1,2,3,4$, $n_1=5$, $n_2=3$, $n_3=2$ ve $n_4=3$ olacak şekilde karar vericilerden elde edilen ifadelerden Çizelge 8.2 oluşturulmuş ve yamuk bulanık sayılara karşılık gelen hali Çizelge 8.3'te verilmiştir.

Adım 3. Denklem (4.5) kullanılarak $\tilde{A}_i^t$, $\tilde{p}_i^t$, ve $\tilde{e}_i^t$ 'nin ortalamaları alındı. Sırasıyla $\tilde{A}_i$, $\tilde{p}_i$ ve $\tilde{e}_i$ değerleri bulunarak Çizelge 8.4'teki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 8.3 Nicelikleştirilmiş beklenen tedarikçi performansı, önemlilik dereceleri ve seçilen tedarikçi performansı (tek karar verici için)

Ölçütler	Ölçütün bireysel önemliliği	Beklenen tedarikçi performansının tolerans aralığı	Tedarikçi performansı		
			Tedarikçi-1	Tedarikçi-2	Tedarikçi-3
T ₁ : GTK	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)				
s ₁₁ : F	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(0,32; 0,41; 0,98; 1,00)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(1,00; 1,00; 1,00; 1,00)	(0,58; 0,63; 0,8; 0,86)
s ₁₂ : CK	(0,58; 0,63; 0,8; 0,86)	(0,32; 0,41; 0,92; 0,97)	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)	(0,32; 0,41; 0,58; 0,65)
s ₁₃ : K	(1,00; 1,00; 1,00; 1,00)	(0,93; 0,98; 1,00; 1,00)	(0,58; 0,63; 0,8; 0,86)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)
s ₁₄ : MD	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(0,72; 0,78; 0,98; 1,00)	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)	(0,58; 0,63; 0,8; 0,86)	(1,00; 1,00; 1,00; 1,00)
s ₁₅ : E	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)	(0,72; 0,78; 0,98; 1,00)	(1,00; 1,00; 1,00; 1,00)	(0,58; 0,63; 0,8; 0,86)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)
T ₂ : ÜK	(1,00; 1,00; 1,00; 1,00)				
s ₂₁ : TSY	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)	(0,93; 0,98; 1,00; 1,00)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(0,58; 0,63; 0,8; 0,86)	(1,00; 1,00; 1,00; 1,00)
s ₂₂ : GP	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)	(0,72; 0,78; 0,98; 1,00)	(0,58; 0,63; 0,8; 0,86)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(1,00; 1,00; 1,00; 1,00)
s ₂₃ : MİK	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(0,72; 0,78; 1,00; 1,00)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(0,58; 0,63; 0,8; 0,86)	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)
T ₃ : L	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)				
s ₃₁ : TP	(1,00; 1,00; 1,00; 1,00)	(0,93; 0,98; 1,00; 1,00)	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(1,00; 1,00; 1,00; 1,00)
s ₃₂ : P	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)	(0,32; 0,41; 0,98; 1,00)	(1,00; 1,00; 1,00; 1,00)	(0,32; 0,41; 0,58; 0,65)	(0,58; 0,63; 0,8; 0,86)
T ₄ : İHD	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)				
s ₄₁ : İY	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)	(0,93; 0,98; 1,00; 1,00)	(1,00; 1,00; 1,00; 1,00)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(0,58; 0,63; 0,8; 0,86)
s ₄₂ : AÇ	(1,00; 1,00; 1,00; 1,00)	(0,93; 0,98; 1,00; 1,00)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(0,58; 0,63; 0,8; 0,86)	(0,32; 0,41; 0,58; 0,65)
s ₄₃ : RÇS	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)	(0,58; 0,63; 0,98; 1,00)	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(0,17; 0,22; 0,36; 0,42)

Çizelge 8.4 Ortalama beklenen tedarikçi performansı, önemlilik dereceleri ve seçilen tedarikçi performansının yamuk bulanık sayılar ile gösterimi (tek karar verici için)

Ölçütler	Ölçütün bireysel önemliliği	Beklenen tedarikçi performansının tolerans aralığı	Tedarikçi performansı		
			Tedarikçi-1	Tedarikçi-2	Tedarikçi-3
T ₁ : GTK	(0,83; 0,88; 0,95; 0,99)				
s ₁₁ : F	(0,63; 0,70; 0,78; 0,83)	(0,65; 0,71; 0,96; 0,99)	(0,58; 0,63; 0,80; 0,86)	(0,95; 0,99; 0,99; 1,00)	(0,18; 0,26; 0,38; 0,44)
s ₁₂ : CK	(0,52; 0,60; 0,75; 0,81)	(0,25; 0,32; 0,75; 0,81)	(0,83; 0,88; 0,95; 0,99)	(0,83; 0,88; 0,95; 0,99)	(0,65; 0,71; 0,86; 0,92)
s ₁₃ : K	(0,91; 0,93; 0,97; 0,99)	(0,93; 0,98; 1,00; 1,00)	(0,76; 0,81; 0,89; 0,93)	(0,63; 0,70; 0,78; 0,83)	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)
s ₁₄ : MD	(0,83; 0,88; 0,95; 0,99)	(0,65; 0,71; 0,98; 1,00)	(0,76; 0,81; 0,89; 0,95)	(0,83; 0,88; 0,95; 0,99)	(0,98; 0,99; 0,99; 1,00)
s ₁₅ : E	(0,55; 0,60; 0,67; 0,81)	(0,45; 0,50; 0,98; 1,00)	(0,91; 0,93; 0,97; 0,99)	(0,65; 0,71; 0,86; 0,92)	(0,45; 0,50; 0,64; 0,70)
T ₂ : ÜK	(0,91; 0,93; 0,97; 0,99)				
s ₂₁ : TSY	(0,83; 0,88; 0,95; 0,99)	(0,72; 0,78; 0,99; 1,00)	(0,65; 0,71; 0,86; 0,92)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(0,98; 0,99; 0,99; 1,00)
s ₂₂ : GP	(0,83; 0,88; 0,95; 0,99)	(0,83; 0,88; 0,99; 1,00)	(0,52; 0,60; 0,75; 0,81)	(0,65; 0,71; 0,86; 0,92)	(0,95; 0,99; 0,99; 1,00)
s ₂₃ : MİK	(0,65; 0,71; 0,86; 0,92)	(0,93; 0,98; 1,00; 1,00)	(0,76; 0,81; 0,89; 0,93)	(0,52; 0,60; 0,75; 0,81)	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)
T ₃ : L	(0,76; 0,81; 0,89; 0,95)				
s ₃₁ : TP	(0,86; 0,88; 0,93; 0,95)	(0,93; 0,98; 1,00; 1,00)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,98)	(0,58; 0,63; 0,80; 0,86)	(0,95; 0,99; 0,99; 1,00)
s ₃₂ : P	(0,83; 0,88; 0,95; 0,99)	(0,58; 0,63; 0,92; 0,98)	(0,88; 0,92; 0,97; 0,99)	(0,65; 0,71; 0,86; 0,92)	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)
T ₄ : İHD	(0,76; 0,81; 0,89; 0,95)				
s ₄₁ : İY	(0,76; 0,81; 0,89; 0,95)	(0,65; 0,71; 0,97; 0,99)	(0,95; 0,99; 0,99; 1,00)	(0,65; 0,71; 0,86; 0,92)	(0,83; 0,88; 0,95; 0,99)
s ₄₂ : AÇ	(0,86; 0,88; 0,93; 0,95)	(0,83; 0,88; 0,99; 1,00)	(0,72; 0,78; 0,92; 0,97)	(0,65; 0,71; 0,86; 0,92)	(0,76; 0,81; 0,89; 0,93)
s ₄₃ : RÇS	(0,45; 0,50; 0,64; 0,80)	(0,76; 0,81; 0,99; 1,00)	(0,93; 0,98; 0,98; 1,00)	(0,83; 0,88; 0,95; 0,99)	(0,31; 0,37; 0,49; 0,55)

Adım 4. Denklem (4.6) kullanılarak üç tedarikçiye ait performans ölçütleri normalleştirilmiş ve sonuçlar Çizelge 8.5 ve Çizelge 8.6’da verilmiştir.

Adım 5. Adımların daha kolay anlaşılması açısından, Genel Tedarikçi Kriterleri (GTK) ve alt ölçütleri değerlendirme sürecinde örnek olarak ele alınacaktır. Farklı α seviyeleri için tüm ölçütler üzerinden tedarikçi performanslarının ortalamaları Denklem (4.8) kullanılarak elde edilir. Kolaylık sağlamak için sadece $\alpha = 0$ ve $\alpha = 1$ ’den elde edilen sonuçlar Çizelge 8.5 ve Çizelge 8.6’da verilmiştir.

Çizelge 8.5 $\alpha = 0$ için tedarikçi performansı (sadece Tedarikçi-1 için)

$\alpha=0$ için ölçütün bireysel önemi		Bulanık ölçüler		Normalleştirilmiş tedarikçi performansı
Ölçütler	$[g^-, g^+]$	$g^-(A_{(i)})$	$g^+(A_{(i)})$	Tedarikçi-1
T ₁ : GTK		$\lambda = -0,998644$	$\lambda = -0,999999$	[0,465; 0,849]
s ₁₁ : F	[0,63;0,83]	$g^-(A_{(1)})=1$	$g^+(A_{(2)})=0,9999$	[0,295; 0,605]
s ₁₂ : CK	[0,52;0,81]	$g^-(A_{(5)})=0,52$	$g^+(A_{(5)})=0,81$	[0,508; 0,873]
s ₁₃ : K	[0,91;0,99]	$g^-(A_{(2)})=0,998$	$g^+(A_{(1)})=1$	[0,378; 0,500]
s ₁₄ : MD	[0,83;0,99]	$g^-(A_{(3)})=0,96$	$g^+(A_{(3)})=0,999$	[0,378; 0,652]
s ₁₅ : E	[0,55;0,81]	$g^-(A_{(4)})=0,78$	$g^+(A_{(4)})=0,96$	[0,453; 0,773]
T ₂ : ÜK		$\lambda = -0,987732$	$\lambda = -0,999991$	[0,356; 0,597]
s ₂₁ : TSY	[0,83;0,99]	$g^-(A_{(2)})=0,945$	$g^+(A_{(3)})=0,99$	[0,325; 0,598]
s ₂₂ : GP	[0,83;0,99]	$g^-(A_{(1)})=1$	$g^+(A_{(1)})=1$	[0,260; 0,493]
s ₂₃ : MİK	[0,65;0,92]	$g^-(A_{(3)})=0,65$	$g^+(A_{(2)})=0,999$	[0,378; 0,500]
T ₃ : L		$\lambda = -0,965470$	$\lambda = -0,999506$	[0,436; 0,703]
s ₃₁ : TP	[0,86;0,95]	$g^-(A_{(1)})=1$	$g^+(A_{(1)})=1$	[0,360; 0,525]
s ₃₂ : P	[0,83;0,99]	$g^-(A_{(2)})=0,83$	$g^+(A_{(2)})=0,99$	[0,452; 0,705]
T ₄ : İHD		$\lambda = -0,976115$	$\lambda = -0,999548$	[0,465; 0,672]
s ₄₁ : İY	[0,76;0,95]	$g^-(A_{(3)})=0,76$	$g^+(A_{(3)})=0,95$	[0,482; 0,675]
s ₄₂ : AÇ	[0,86;0,95]	$g^-(A_{(1)})=1$	$g^+(A_{(1)})=1$	[0,360; 0,573]
s ₄₃ : RÇS	[0,45;0,80]	$g^-(A_{(2)})=0,875$	$g^+(A_{(2)})=0,99$	[0,465; 0,623]

Denklem (4.7) kullanılarak, GTK ana ölçütünün beş alt ölçütü için $\alpha = 0$ olmak üzere yapılan normalleştirilmiş gerçekleşen ve beklenen tedarikçi performans farkları;

$$\bar{f}_1^0 = [f_{1,0}^-, f_{1,0}^+] = \frac{\bar{p}_i^0 - \bar{e}_i^0 + [1;1]}{2} = \frac{[0,58;0,86] - [0,65;0,99] + [1;1]}{2} = [0,295;0,605],$$

$$\bar{f}_2^0 = [0,508;0,873], \bar{f}_3^0 = [0,378;0,500], \bar{f}_4^0 = [0,378;0,652] \text{ ve } \bar{f}_5^0 = [0,453;0,773]$$

olmak üzere belirlenmiştir. Bu değerlere karşılık gelen önem dereceleri de sırasıyla

$\bar{g}_1^0 = [0,63;0,83]$, $\bar{g}_2^0 = [0,52;0,81]$, $\bar{g}_3^0 = [0,91;0,99]$, $\bar{g}_4^0 = [0,83;0,99]$ ve $\bar{g}_5^0 = [0,55;0,81]$ olarak elde edilmiştir.

GTK ölçütünün tedarikçi performansını hesaplamak için öncelikle $f_{i,0}^-$ sıralanır:

$f_{(1),0}^- = 0,295 < f_{(2),0}^- = 0,378 < f_{(3),0}^- = 0,378 < f_{(4),0}^- = 0,453 < f_{(5),0}^- = 0,508$. Bunlara

karşılık gelen önem dereceleri de sırasıyla $g_{1,0}^- = 0,63$, $g_{2,0}^- = 0,91$, $g_{3,0}^- = 0,83$,

$g_{4,0}^- = 0,55$ ve $g_{5,0}^- = 0,52$ olarak bulunur.

Denklem (3.8)'den hareketle $(1 = g(S) = \frac{1}{\lambda} \left\{ \prod_{i=1}^5 [1 + \lambda g_i^-] - 1 \right\})$, $\lambda = -0,998644$ olarak

bulunur. Denklem (3.10) ve (3.11)'den $\alpha = 0$ olduğunda, bulanık ölçüler sırasıyla $g^-(A_{(5)})=0,52$, $g^-(A_{(4)})=0,78$, $g^-(A_{(3)})=0,96$, $g^-(A_{(2)})=0,998$ ve $g^-(A_{(1)})=1$ olarak elde edilir.

Çizelge 8.6 $\alpha = 1$ için tedarikçi performansı (sadece Tedarikçi-1 için)

$\alpha=1$ için ölçütün bireysel önemi		Bulanık ölçüler		Normalleştirilmiş tedarikçi performansı
Ölçütler	$[g^-, g^+]$	$g^-(A_{(i)})$	$g^+(A_{(i)})$	Tedarikçi-1
T ₁ : GTK		$\lambda = -0,999560$	$\lambda = -0,999976$	[0,518; 0,785]
s ₁₁ : F	[0,70;0,78]	$g^-(A_{(1)})=1$	$g^+(A_{(2)})=0,999$	[0,335; 0,548]
s ₁₂ : CK	[0,60;0,75]	$g^-(A_{(5)})=0,60$	$g^+(A_{(5)})=0,75$	[0,565; 0,818]
s ₁₃ : K	[0,93;0,97]	$g^-(A_{(2)})=0,999$	$g^+(A_{(1)})=1$	[0,403; 0,455]
s ₁₄ : MD	[0,88;0,95]	$g^-(A_{(3)})=0,98$	$g^+(A_{(3)})=0,996$	[0,413; 0,593]
s ₁₅ : E	[0,60;0,67]	$g^-(A_{(4)})=0,84$	$g^+(A_{(4)})=0,92$	[0,473; 0,737]
T ₂ : ÜK		$\lambda = -0,995412$	$\lambda = -0,999644$	[0,387; 0,536]
s ₂₁ : TSY	[0,88;0,95]	$g^-(A_{(2)})=0,97$	$g^+(A_{(3)})=0,95$	[0,356; 0,540]
s ₂₂ : GP	[0,88;0,95]	$g^-(A_{(1)})=1$	$g^+(A_{(1)})=1$	[0,303; 0,435]
s ₂₃ : MİK	[0,71;0,86]	$g^-(A_{(3)})=0,71$	$g^+(A_{(2)})=0,993$	[0,403; 0,455]
T ₃ : L		$\lambda = -0,980816$	$\lambda = -0,996241$	[0,487; 0,658]
s ₃₁ : TP	[0,88;0,93]	$g^-(A_{(1)})=1$	$g^+(A_{(1)})=1$	[0,390; 0,470]
s ₃₂ : P	[0,88;0,95]	$g^-(A_{(2)})=0,88$	$g^+(A_{(2)})=0,95$	[0,500; 0,668]
T ₄ : İHD		$\lambda = -0,985784$	$\lambda = -0,997179$	[0,495; 0,632]
s ₄₁ : İY	[0,81;0,89]	$g^-(A_{(3)})=0,81$	$g^+(A_{(3)})=0,89$	[0,507; 0,641]
s ₄₂ : AÇ	[0,88;0,93]	$g^-(A_{(1)})=1$	$g^+(A_{(1)})=1$	[0,393; 0,520]
s ₄₃ : RÇS	[0,50;0,64]	$g^-(A_{(2)})=0,91$	$g^+(A_{(2)})=0,96$	[0,495; 0,588]

Adım 6. Denklem (4.8) kullanılarak, $\alpha = 0$ için GTK ana ölçütü üzerinden toplanmış

$$\text{tedarikçi performansı } (C) \int f^- dg^- = \sum_{i=1}^5 (f_{(i)}^- - f_{(i-1)}^-) g^-(A_{(i)}) = 0,465 \text{ ve}$$

$$(C) \int f^+ dg^+ = 0,849 \text{ olarak bulunur. } ((C) \int \tilde{f} d\tilde{g})_{\alpha=0} = [0,465; 0,849] \text{ şeklinde ifade edilmiştir.}$$

Adım 7. Adım 4, 5 ve 6’da uygulananlara benzer şekilde, genelleştirilmiş Choquet integralinin iki aşamalı toplanma süreci kullanılarak üç tedarikçiye ait değerlerden elde edilen toplu tedarikçi performansları hesaplanmıştır. Sadece Tedarikçi-1 için olanı Çizelge 8.7’de verilmiştir.

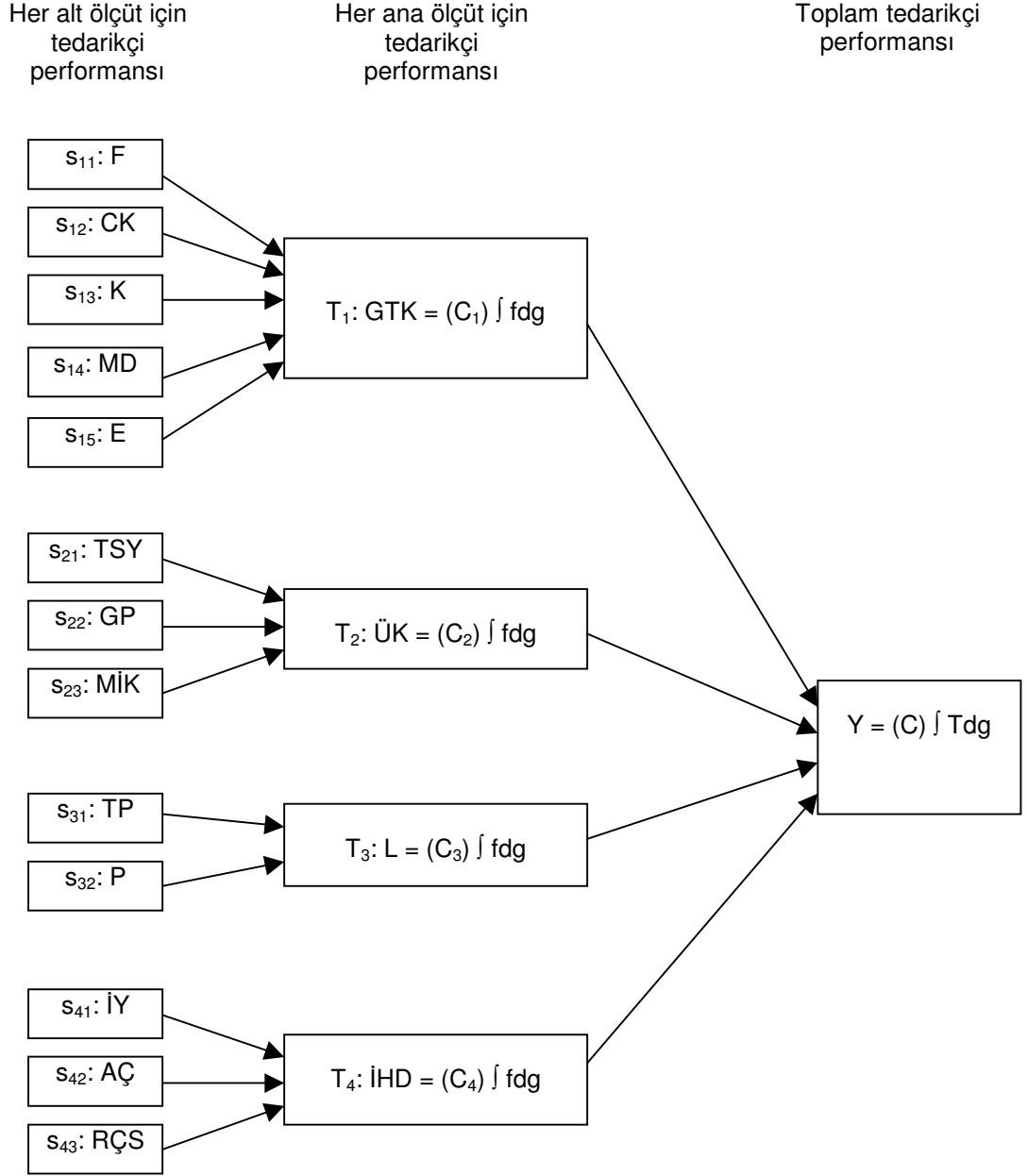
Çizelge 8.7 $\alpha = 0, 1$ için toplam tedarikçi performansı (sadece Tedarikçi-1 için)

Ölçütler	Ölçütlerin			Toplam tedarikçi performansı
	bireysel önemi	Bulanık ölçüler		
		$[g^-, g^+]$	$g^-(A_{(i)})$	
$\alpha=0$		$\lambda =-0,998999$	$\lambda =-0,999999$	$[0,463;0,847]$
T ₁ : GTK	$[0,83;0,99]$	$g^-(A_{(3)})=0,96$	$g^+(A_{(4)})=0,99$	$[0,465;0,849]$
T ₂ : ÜK	$[0,91;0,99]$	$g^-(A_{(1)})=1$	$g^+(A_{(1)})=1$	$[0,356;0,597]$
T ₃ : L	$[0,76;0,95]$	$g^-(A_{(2)})=0,99$	$g^+(A_{(3)})=0,995$	$[0,436;0,703]$
T ₄ : İHD	$[0,76;0,95]$	$g^-(A_{(4)})=0,76$	$g^+(A_{(2)})=0,99998$	$[0,465;0,672]$
$\alpha=1$		$\lambda =-0,999662$	$\lambda =-0,999984$	$[0,515;0,778]$
T ₁ : GTK	$[0,88;0,95]$	$g^-(A_{(4)})=0,88$	$g^+(A_{(4)})=0,95$	$[0,335;0,785]$
T ₂ : ÜK	$[0,93;0,97]$	$g^-(A_{(1)})=1$	$g^+(A_{(1)})=1$	$[0,565;0,536]$
T ₃ : L	$[0,81;0,89]$	$g^-(A_{(2)})=0,996$	$g^+(A_{(3)})=0,9945$	$[0,403;0,658]$
T ₄ : İHD	$[0,81;0,89]$	$g^-(A_{(3)})=0,98$	$g^+(A_{(2)})=0,9994$	$[0,413;0,632]$

Adım 8. Burada Çizelge 8.2’deki sözel ifadelerle yamuk bulanık sayılara dönüştürülen performans ölçütleri, Denklem (3.1) yardımıyla Çizelge 8.8’de gösterildiği gibi durulaştırılmıştır. Oluşan hiyerarşik yapı Şekil 8.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 8.8 Genelleştirilmiş Choquet bulanık integrali kullanılarak seçilmiş üç tedarikçinin toplam performanslarının durulaştırılması

Ölçütler	Tedarikçi Performansı			Durulaştırma		
	Tedarikçi-1	Tedarikçi-2	Tedarikçi-3	Ted-1 Sıra 1	Ted-2 Sıra 2	Ted-3 Sıra 3
Toplam tedarikçi performansı	(0,463; 0,515; 0,778; 0,847)	(0,460; 0,519; 0,770; 0,842)	(0,485; 0,522; 0,735; 0,803)	0,651	0,648	0,636
T ₁ : GTK	(0,465; 0,518; 0,785; 0,849)	(0,480; 0,535; 0,779; 0,844)	(0,482; 0,504; 0,739; 0,804)	0,654	0,660	0,632
s ₁₁ : F	(0,295; 0,335; 0,548; 0,605)	(0,482; 0,513; 0,641; 0,675)	(0,095; 0,148; 0,338; 0,395)	0,446	0,578	0,244
s ₁₂ : CK	(0,508; 0,565; 0,818; 0,873)	(0,508; 0,565; 0,818; 0,873)	(0,420; 0,478; 0,773; 0,835)	0,691	0,691	0,626
s ₁₃ : K	(0,378; 0,403; 0,455; 0,500)	(0,313; 0,348; 0,400; 0,448)	(0,465; 0,490; 0,500; 0,535)	0,434	0,377	0,498
s ₁₄ : MD	(0,378; 0,413; 0,593; 0,652)	(0,413; 0,450; 0,623; 0,668)	(0,488; 0,507; 0,644; 0,675)	0,509	0,538	0,579
s ₁₅ : E	(0,453; 0,473; 0,737; 0,773)	(0,325; 0,363; 0,680; 0,735)	(0,223; 0,260; 0,570; 0,625)	0,609	0,526	0,419
T ₂ : ÜK	(0,356; 0,387; 0,536; 0,597)	(0,353; 0,388; 0,566; 0,624)	(0,486; 0,500; 0,604; 0,639)	0,469	0,483	0,557
s ₂₁ : TSY	(0,325; 0,356; 0,540; 0,598)	(0,360; 0,393; 0,570; 0,625)	(0,488; 0,500; 0,607; 0,640)	0,455	0,487	0,559
s ₂₂ : GP	(0,260; 0,303; 0,435; 0,493)	(0,325; 0,358; 0,490; 0,545)	(0,477; 0,498; 0,553; 0,588)	0,373	0,429	0,529
s ₂₃ : MİK	(0,378; 0,403; 0,455; 0,500)	(0,260; 0,298; 0,385; 0,440)	(0,465; 0,490; 0,500; 0,535)	0,434	0,346	0,498
T ₃ : L	(0,436; 0,487; 0,658; 0,703)	(0,327; 0,383; 0,605; 0,665)	(0,476; 0,526; 0,666; 0,708)	0,571	0,495	0,594
s ₃₁ : TP	(0,360; 0,390; 0,470; 0,525)	(0,290; 0,315; 0,410; 0,465)	(0,477; 0,493; 0,503; 0,535)	0,436	0,370	0,502
s ₃₂ : P	(0,452; 0,500; 0,668; 0,705)	(0,335; 0,393; 0,615; 0,668)	(0,475; 0,530; 0,675; 0,710)	0,581	0,503	0,598
T ₄ : İHD	(0,465; 0,495; 0,632; 0,672)	(0,366; 0,404; 0,574; 0,631)	(0,404; 0,441; 0,609; 0,661)	0,566	0,494	0,529
s ₄₁ : İY	(0,482; 0,507; 0,641; 0,675)	(0,330; 0,366; 0,578; 0,633)	(0,418; 0,453; 0,623; 0,668)	0,576	0,476	0,540
s ₄₂ : AÇ	(0,360; 0,393; 0,520; 0,573)	(0,325; 0,356; 0,490; 0,545)	(0,378; 0,406; 0,505; 0,553)	0,461	0,429	0,460
s ₄₃ : RÇS	(0,465; 0,495; 0,588; 0,623)	(0,413; 0,445; 0,573; 0,615)	(0,155; 0,188; 0,343; 0,395)	0,543	0,511	0,270



Şekil 8.2 Dört ana ölçütlü toplam tedarikçi performansının hiyerarşik yapısı

Çizelge 8.8’de görüldüğü gibi, Tedarikçi-1 sahip olduğu birçok güçlü ölçütler nedeniyle en yüksek sırayı elde etmiştir. Çizelgeden de kolaylıkla okunacağı gibi tedarikçiler arasında birtakım farklılıklar göze çarpmaktadır. GTK ana ölçütü dikkate alındığında; özellikle “fiyat” alt ölçütünde Tedarikçi-2 diğerlerinden oldukça iyi olmasına rağmen, “kalite” ve “esneklik” ölçütlerinde Tedarikçi-1 kadar iyi olmadığından genel sıralamada birinci olması için kendisine avantaj sağlamamaktadır.

Öte yandan, fiyatları yüksek olduğu için çok iyi finansal pozisyona ve en iyi kalitede hizmete sahip olmasına rağmen Tedarikçi-3 tercih edilmemektedir.

ÜK ana ölçütü üzerinden değerlendirme yapılacak olunursa, çok iyi bir geçmiş performansa sahip olup tekstil endüstrisinde söz sahibi bir pozisyonda olan Tedarikçi-3 daha iyi bir seçenek olabilir. Müşteri isteklerine hızlı yanıt vermesi de Tedarikçi-3'ün başka önemli bir özelliği olarak görülmektedir.

“Teslimat performansı” ve “paketlenme” ölçütlerinde yine Tedarikçi-3'ün avantajlı olduğu ve en zayıf halkanın Tedarikçi-2 olduğu göze çarpmaktadır.

“Renk çalışması süreci”, tekstilde önemli faktörlerden birisidir. Laboratuvar çalışmalarının ne kadar hızlı ve çok alternatifli olarak gönderilmesi, müşteriden o kadar hızlı siparişlerin alınmasına karşılık gelmektedir. Ayrıca “ilişkilerin yakınlığı” ve “anlaşmazlıkların çözümü” faktörlerinde de Tedarikçi-1 diğerlerinden öndedir.

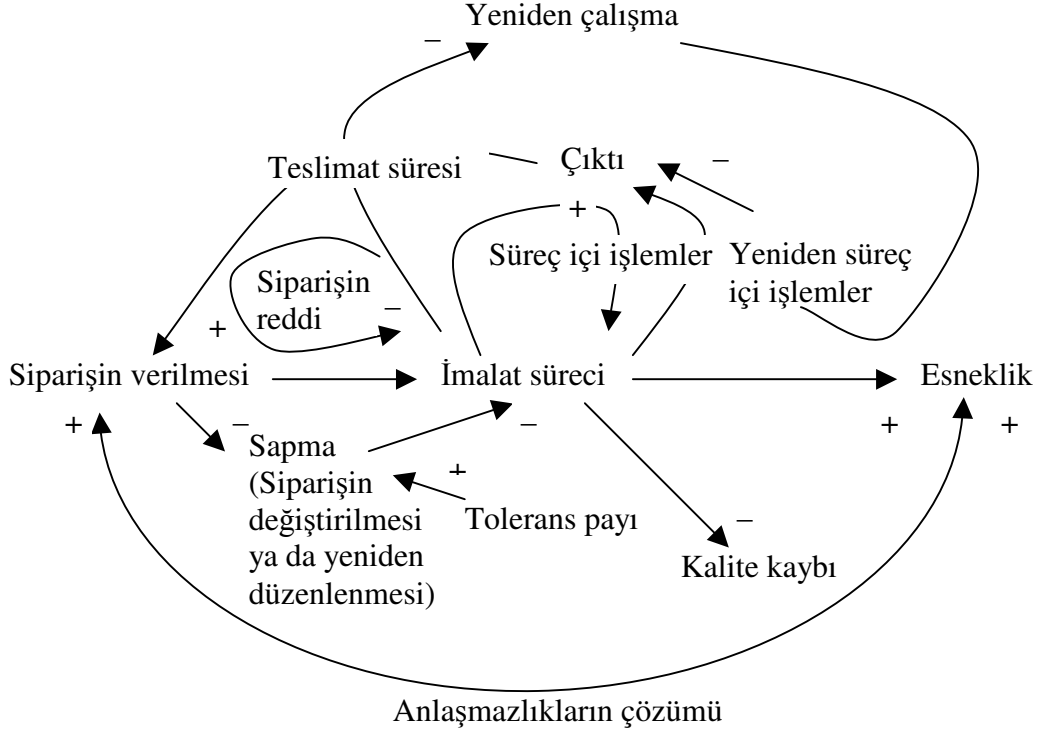
8.3 Bağımlılık ve Geri Beslemelerin Belirlenmesi

Tedarikçi değerlendirme ölçütleri arasındaki bağımlılık ve geri beslemeleri belirlemek için Sistem Dinamiği Simülasyon Modelinden (SDSM) yararlanılacaktır. Modellemenin temel elemanı siparişin verilmesinden teslimat sürecine kadar devam eden bir Nedensel Döngü Diyagramıdır (NDD). Tedarik zinciri içinde yer alan faaliyetlerin oluşturulan nedensel döngü diyagramındaki yeri Şekil 8.3'te gösterilmektedir.

Tekstil sektöründeki üretici firmanın boyalı iplik ihtiyacının yaklaşık olarak %95'ini karşılayan üç önemli tedarikçi firmanın 01.01.2007-01.03.2007 tarihleri arasında gerçekleştirdiği performans aşağıda verilen model parametrelerine yansıtılmıştır. Sipariş miktarı ve teslimat sürelerine ait tablolar Ek 1'de verilmiştir.

8.3.1 Boyalı İplik Fireleri

Tekstil sektöründe ipliği boyalı kumaşlarda genel kabul görmüş olan boyalı iplik firesi %5'tir. Kaliteyi doğrudan etkileyen bu parametre için tedarikçi firmaların gösterdiği performans Çizelge 8.9'da verilmiştir.



Şekil 8.3 Tedarik zincirindeki faaliyetlerin nedensel döngü diyagramı

8.3.2 Boyalı İplik Fiyatları

Mevsimsel ve döviz kuruna bağlı dalgalanmalar nedeniyle değişkenlik göstermektedir. İlgili tarihler arasında, en çok siparişi verilen 30 numara boyalı iplik fiyatlarının tedarikçi firmalara dağılımı Çizelge 8.9'da verilmiştir.

8.3.3 Terminler

Teslimat performansını doğrudan etkileyen bu parametreye göre, geçilen boyalı iplik siparişlerindeki aynı boya kazanlarında boyanacak renklerin çokluğu ve tedarikçi firmaların belirli kazanlardaki yoğunluğu süreci etkilemektedir. Tedarikçilerin teslimat performansı Çizelge 8.9'da gösterilmiştir.

8.3.4 Kapasite

Tedarikçinin sahip olduğu boya kazanlarının sayısı, numune kazanlarının çokluğu ve boya bobinine aktarma makinelerinin teknolojik seviyesi ve miktarı önem taşımaktadır.

Teslimat performansı ve tedarikçinin içinde bulunduğu mali durum açısından önem taşır. Tedarikçilerin sahip olduğu boya kazanı miktarı Çizelge 8.9’da verilmiştir.

8.3.5 Tolerans Payı

Üretici firmanın istediği miktarın tam olarak karşılanmasında (istenilen miktardan belli tolerans ölçüsünde fazla ya da az boyama yapılması), boya kazanlarının verimli kullanılması ve eksik şarj ile imalat yüzünden üretim sonrası yaşanabilecek kalite problemleri göz önünde bulundurulmaktadır.

8.3.6 Müşteri İlişkileri

Tedarikçi firmaların coğrafi konumuna da bağlı olarak üretici firmalara yapılan ziyaretlerin sıklığı, ilişkilerin yakınlaşması ve anlaşmazlıkların çözümü açısından önemli bir rol oynamaktadır. Bu ilişkiye ait veriler Çizelge 8.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 8.9 Model parametrelerinin değerlendirilmesi

Tedarikçi	(a) Fire	(b) Fiyat (TL)	(c) Termin (gün)	(d) Boya kazanı (Numune Kazanı)	(e) Tolerans Payı (kg)	(f) Aylık ziyaret / Çözülen Problem Sayısı
Tedarikçi-1	0,04	8,05	19	12 (2)	± 5	12 / 3
Tedarikçi-2	0,055	7,55	13	10 (1)	± 10	5 / 1
Tedarikçi-3	0,045	8,40	9	20 (4)	± 2	2 / 0
Beklenen Tedarikçi Performansı(μ)	0,05	8,00	14	12	± 5,75	4

Model parametrelerinin değerlendirildiği simülasyon modeli sonunda, ana ve alt ölçütleri etkileyen (bağımlı) ölçütler Çizelge 8.10’da belirlenmiştir.

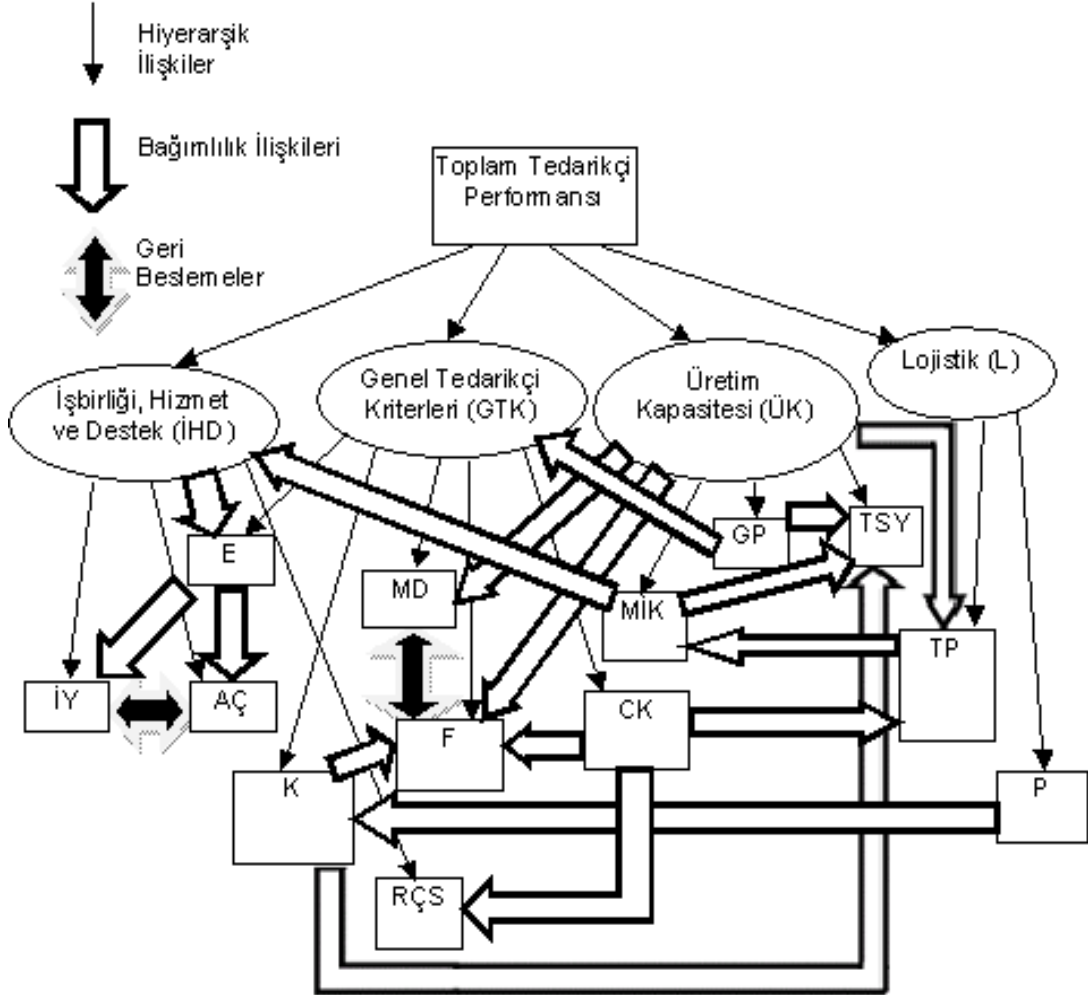
Çizelge 8.10 Ölçütler arasındaki bağımlılıklar ve geri beslemeler

Etkilenen Ölçüt	Etkileyen Ölçütler
Genel Tedarikçi Kriterleri (GTK)	TSY
Fiyat (F)	CK, K, MD, ÜK
Coğrafi Konum (CK)	MD
Kalite (K)	P
Mali Durum (MD)	F, ÜK
Esneklik (E)	İHD
Üretim Kapasitesi (ÜK)	GTK

Çizelge 8.10'un devamı...

Etkilenen Ölçüt	Etkileyen Ölçütler
Tekstil Sektöründeki Yeri (TSY)	K, GP, MİK
Geçmiş Performansı (GP)	F
Müşteri İhtiyaçlarını Karşılama (MİK)	TP
Lojistik (L)	RÇS
Teslimat Performansı (TP)	CK, ÜK
Paketleme (P)	L
İşbirliği, Hizmet ve Destek (İHD)	MİK
İlişkilerin Yakınlığı (İY)	E, AÇ
Anlaşmazlıkların Çözümlemesi (AÇ)	E, İY
Renk Çalışmaları Süreci (RÇS)	CK

Çizelge 8.10'dan elde edilen verilere göre bağımlı ölçütler ve geri beslemeler dikkate alınarak oluşturulan hiyerarşik yapı Şekil 8.4'te gösterilmiştir.



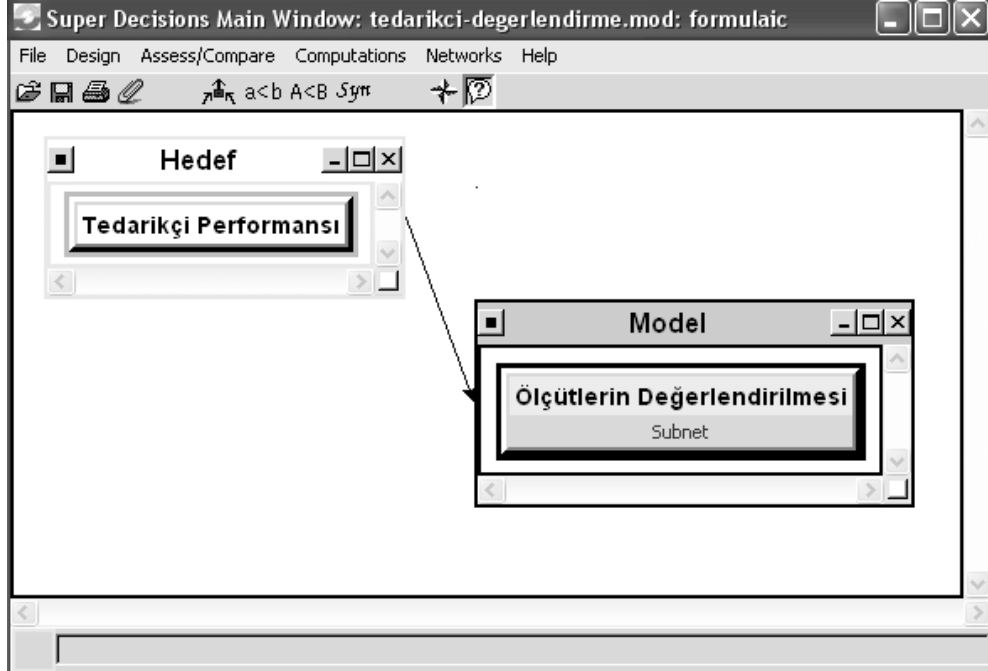
Şekil 8.4 Bağımlılık ve geri beslemeli hiyerarşi yapısı

8.4 Bulanık ANP ile Tedarikçi Performansının Değerlendirilmesi

Çizelge 8.10’da verilen performans ölçütleri arasındaki bağımlılıklar ve geri beslemeler incelendiğinde GTK, K, E, MİK, İHD ve RÇS faktörlerinin sadece bir faktörden etkilendikleri görülür. Bunun yanında CK, ÜK, GP, L ve P faktörlerini etkileyen performans ölçütü yoktur. Bu nedenle bu faktörler için ikili karşılaştırmalara gerek yoktur.

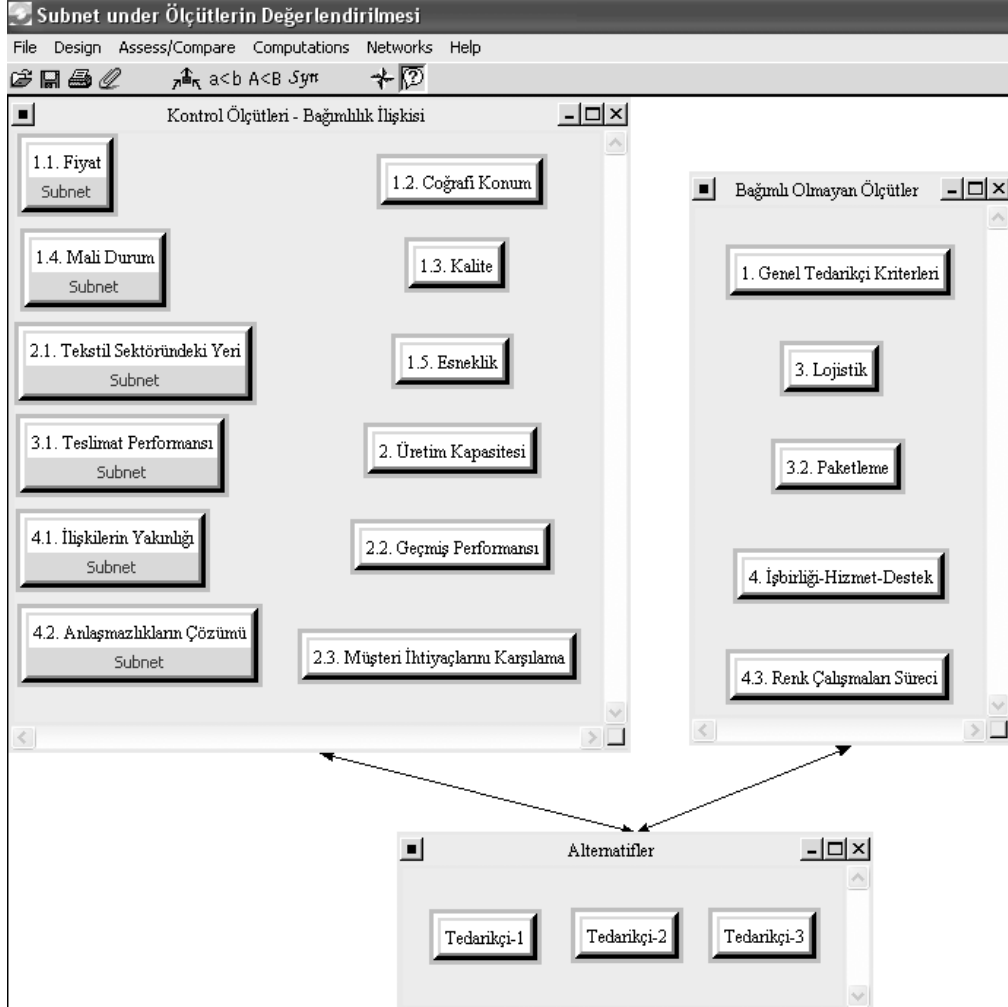
Bu bölümde, bağımlı ölçütlerin değerlendirilmesi için Bulanık ANP yönteminden yararlanılacaktır. İlk olarak Superdecisions programı kullanılarak ölçütler değerlendirilecek ve her ölçüt için öncelik değerleri elde edilecektir. Bu öncelik değerleri ile Çizelge 8.3’te her bir tedarikçi için yapılan sözel tedarikçi değerlendirme ifadelerinden elde edilen bulanık ağırlıklar işleme alınarak ortalama ağırlık değerleri bulunacaktır. Bu ortalama ağırlık değerleri karşılaştırılarak en iyi tedarikçi belirlenecektir.

Superdecisions programı ile en iyi tedarikçi performansının belirlenmesini amaçlayan ve ölçütlerin değerlendirileceği model yapısı Şekil 8.5’te oluşturulmuştur.



Şekil 8.5 Superdecisions ile kurulan model

Ölçütlerin Değerlendirilmesi kümesine alt ağ yapısı oluşturulmuştur. Üç kümeden oluşan bu ağ yapısında bağımlılık ilişkisinin sorgulanacağı Kontrol Ölçütleri, Bağımlı Olmayan Ölçütler ve Alternatifler yer almaktadır.



Şekil 8.6 Ölçütlerin Değerlendirilmesi alt ağ yapısı

Şekil 8.6’da görüldüğü gibi bağımlılık ilişkisinin sorgulandığı Kontrol Ölçütleri kümesi; fiyat (F), mali durum (MD), tekstil sektöründeki yeri (TSY), teslimat performansı (TP), ilişkilerin yakınlığı (İY) ve anlaşmazlıkların çözümü (AÇ) bağımlı ölçütleri ile bu ölçütlerle etkileşim halinde olan coğrafi konum (CK), kalite (K), esneklik (E), üretim kapasitesi (ÜK), geçmiş performansı (GP) ve müşteri ihtiyaçlarını karşılama (MİK) performans ölçütlerinden oluşmaktadır.

Bağımlı Olmayan Ölçütler ile Kontrol Ölçütleri kümesi, tedarikçileri içeren Alternatifler kümesi ile geri beslemeli ilişki içindedir. Kümeler arasındaki bağlantılar, Şekil 8.3'teki bağımlılık ve geri beslemeli hiyerarşi yapısına göre kurulmuştur.

Kümeler ve bağlantı noktaları arasındaki ikili karşılaştırmalar için Superdecisions programının dört farklı seçeneğinden (graphic, verbal, matrix ve questionnaire) anket (questionnaire) ile karşılaştırma modülü tercih edilmiştir. Burada, karar vericilerden ölçütler arasındaki değerlendirmeleri “önem” derecesine ve alternatifler arasındaki değerlendirmeleri “tercih” derecesine göre yapmaları istenmiştir. Şekil 8.7 ve Şekil 8.8’de verilen örneklerde olduğu gibi tüm bağlantıların önem ya da tercih dereceleri bu şekilde belirlenmiştir.

Comparison Word

Choose the type of comparison you wish to do.

☒ Importance

☐ Preference

☐ Likelihood

☐ Other

important

Save and close Cancel

Comparisons wrt "Tedarikçi-1" node in "Bağımlı Olmayan Ölçütler" cluster

File Computations Misc Help

Graphic Verbal Matrix Questionnaire

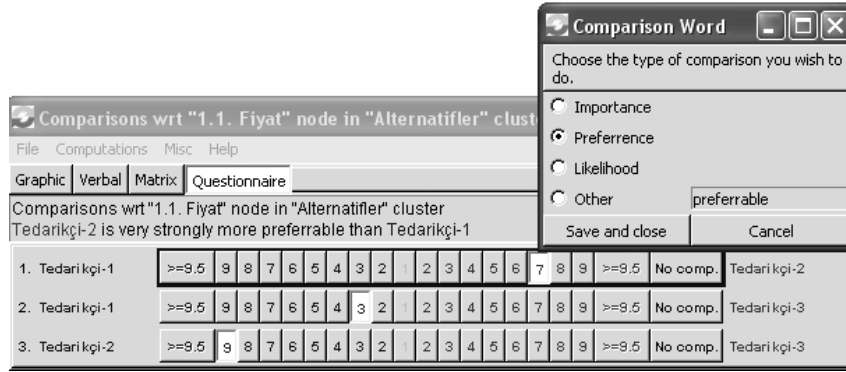
Comparisons wrt "Tedarikçi-1" node in "Bağımlı Olmayan Ölçütler" cluster

3. Lojistik is moderately more important than 1. Genel Tedarikçi Kriterleri

1. 1. Genel Tedarikçi Kriterleri	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	3. Lojistik
2. 1. Genel Tedarikçi Kriterleri	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	3.2. Paketleme
3. 1. Genel Tedarikçi Kriterleri	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	4. İşbirliği-Hizmet-Destek
4. 1. Genel Tedarikçi Kriterleri	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	4.3. Renk Çalışmaları Süreci
5. 3. Lojistik	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	3.2. Paketleme
6. 3. Lojistik	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	4. İşbirliği-Hizmet-Destek
7. 3. Lojistik	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	4.3. Renk Çalışmaları Süreci
8. 3.2. Paketleme	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	4. İşbirliği-Hizmet-Destek
9. 3.2. Paketleme	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	4.3. Renk Çalışmaları Süreci
10. 4. İşbirliği-Hizmet-Destek	>=9.5	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	>=9.5	No comp.	4.3. Renk Çalışmaları Süreci

Şekil 8.7 Tedarikçi-1 için Bağımlı Olmayan Ölçütler kümesinde ikili karşılaştırma

İkili karşılaştırmaların belirlenmesinden sonra, her bir ölçüt için hesaplanan öncelik vektörlerinden elde edilen ağırlıklandırılmış değerlerden ana ve alt ölçütlerin tamamının yer aldığı başlangıç süper matrisi oluşturulmuştur. Buradan tedarikçilerin de ana ve alt ölçütlerle birlikte yer aldığı limit süper matrisinin yapısı Şekil 8.9’da verilmiştir.



Şekil 8.8 Fiyat ölçütü için Alternatifler kümesinde ikili karşılaştırma

Subnet under Ölçütlerin Değerlendirilmesi: Limit Matrix								
	Tedarik~	Tedarik~	Tedarik~	1. Gene~	3. Loji~	3.2. Pa~	4. İşbi~	4.3. Re~
Tedarik~	0.15143	0.15143	0.15143	0.15143	0.15143	0.15143	0.15143	0.15143
Tedarik~	0.14784	0.14784	0.14784	0.14784	0.14784	0.14784	0.14784	0.14784
Tedarik~	0.09540	0.09540	0.09540	0.09540	0.09540	0.09540	0.09540	0.09540
1. Gene~	0.01656	0.01656	0.01656	0.01656	0.01656	0.01656	0.01656	0.01656
3. Loji~	0.01570	0.01570	0.01570	0.01570	0.01570	0.01570	0.01570	0.01570
3.2. Pa~	0.01371	0.01371	0.01371	0.01371	0.01371	0.01371	0.01371	0.01371
4. İşbi~	0.00902	0.00902	0.00902	0.00902	0.00902	0.00902	0.00902	0.00902
4.3. Re~	0.01080	0.01080	0.01080	0.01080	0.01080	0.01080	0.01080	0.01080
1.1. Fi~	0.07273	0.07273	0.07273	0.07273	0.07273	0.07273	0.07273	0.07273
1.2. Co~	0.04184	0.04184	0.04184	0.04184	0.04184	0.04184	0.04184	0.04184
1.3. Ka~	0.06647	0.06647	0.06647	0.06647	0.06647	0.06647	0.06647	0.06647
1.4. Ma~	0.03618	0.03618	0.03618	0.03618	0.03618	0.03618	0.03618	0.03618
1.5. Es~	0.07070	0.07070	0.07070	0.07070	0.07070	0.07070	0.07070	0.07070
2. Üre~	0.06282	0.06282	0.06282	0.06282	0.06282	0.06282	0.06282	0.06282
2.1. Te~	0.02134	0.02134	0.02134	0.02134	0.02134	0.02134	0.02134	0.02134
2.2. Ge~	0.02864	0.02864	0.02864	0.02864	0.02864	0.02864	0.02864	0.02864
2.3. Mü~	0.01629	0.01629	0.01629	0.01629	0.01629	0.01629	0.01629	0.01629
3.1. Te~	0.03456	0.03456	0.03456	0.03456	0.03456	0.03456	0.03456	0.03456
4.1. İl~	0.05953	0.05953	0.05953	0.05953	0.05953	0.05953	0.05953	0.05953
4.2. An~	0.02843	0.02843	0.02843	0.02843	0.02843	0.02843	0.02843	0.02843

Şekil 8.9 Limit süper matrisi

Limit süper matrisinden elde edilen değerler, tedarikçilerin ortalama ağırlıklarının bulunacağı ve tedarikçiler arasında karşılaştırma yapmak üzere Çizelge 8.11-13'e taşınacaktır. Ayrıca yapılan ikili karşılaştırmalar ve elde edilen limit matris değerleri ışığında ölçütlerin öncelik değerleri göz önüne alınarak yapılan analizler Ek-2'de verilmiştir.

Çizelge 8.11 Tedarikçi-1 için değerlendirme

Ölçütler	Ağırlık Değeri	Tedarikçi-1						
		Sözel	Bulanık Ağırlık			Kümülatif Ağırlık		
Genel Tedarikçi Kriterleri (GTK)	0,01656	ÇY	(0,93,	0,98,	0,98,	1,00)	0,02	0,02
Fiyat (F)	0,07273	Y	(0,72,	0,78,	0,92,	0,97)	0,05	0,06
Coğrafi Konum (CK)	0,04184	ÇY	(0,93,	0,98,	0,98,	1,00)	0,04	0,04

Çizelge 8.11'in devamı...

Kalite (K)	0,06647	AY	(0.58, 0.63, 0.8, 0.86)	0,04	0,04	0,05	0,06
Mali Durum (MD)	0,03618	ÇY	(0.93, 0.98, 0.98, 1.00)	0,03	0,04	0,04	0,04
Esneklik (E)	0,0707	FY	(1.00, 1.00, 1.00, 1.00)	0,07	0,07	0,07	0,07
Üretim Kapasitesi (ÜK)	0,06282	FY	(1.00, 1.00, 1.00, 1.00)	0,06	0,06	0,06	0,06
Tekstil Sektöründeki Yeri (TSY)	0,02134	Y	(0.72, 0.78, 0.92, 0.97)	0,02	0,02	0,02	0,02
Geçmiş Performansı (GP)	0,02864	AY	(0.58, 0.63, 0.8, 0.86)	0,02	0,02	0,02	0,02
Müşteri İhtiyaçlarını Karşılama (MİK)	0,01629	Y	(0.72, 0.78, 0.92, 0.97)	0,01	0,01	0,01	0,02
Lojistik (L)	0,0157	ÇY	(0.93, 0.98, 0.98, 1.00)	0,01	0,02	0,02	0,02
Teslimat Performansı (TP)	0,03456	ÇY	(0.93, 0.98, 0.98, 1.00)	0,03	0,03	0,03	0,03
Paketleme (P)	0,01371	FY	(1.00, 1.00, 1.00, 1.00)	0,01	0,01	0,01	0,01
İşbirliği, Hizmet ve Destek (İHD)	0,00902	ÇY	(0.93, 0.98, 0.98, 1.00)	0,01	0,01	0,01	0,01
İlişkilerin Yakınlığı (İY)	0,05953	FY	(1.00, 1.00, 1.00, 1.00)	0,06	0,06	0,06	0,06
Anlaşmazlıkların Çözümlemesi (AÇ)	0,02843	Y	(0.72, 0.78, 0.92, 0.97)	0,02	0,02	0,03	0,03
Renk Çalışmaları Süreci (RÇS)	0,0108	ÇY	(0.93, 0.98, 0.98, 1.00)	0,01	0,01	0,01	0,01
Alternatifler			Bulanık Ağırlık	Kümülatif Ağırlık			
Tedarikçi-1	0,15143	FY	(1.00, 1.00, 1.00, 1.00)	0,15	0,15	0,15	0,15
Tedarikçi-2	0,14784	FD	(0.00, 0.00, 0.00, 0.00)	0,00	0,00	0,00	0,00
Tedarikçi-3	0,0954	FD	(0.00, 0.00, 0.00, 0.00)	0,00	0,00	0,00	0,00
				Ortalama Ağırlık			
				0,67	0,69	0,72	0,74

Çizelge 8.12 Tedarikçi-2 için değerlendirme

Ölçütler	Ağırlık Değeri	Tedarikçi-2					
		Sözel	Bulanık Ağırlık		Kümülatif Ağırlık		
Genel Tedarikçi Kriterleri (GTK)	0,01656	ÇY	(0.93, 0.98, 0.98, 1.00)	0,02	0,02	0,02	0,02
Fiyat (F)	0,07273	FY	(1.00, 1.00, 1.00, 1.00)	0,07	0,07	0,07	0,07
Coğrafi Konum (CK)	0,04184	ÇY	(0.93, 0.98, 0.98, 1.00)	0,04	0,04	0,04	0,04
Kalite (K)	0,06647	Y	(0.72, 0.78, 0.92, 0.97)	0,05	0,05	0,06	0,06
Mali Durum (MD)	0,03618	AY	(0.58, 0.63, 0.8, 0.86)	0,02	0,02	0,03	0,03
Esneklik (E)	0,0707	AY	(0.58, 0.63, 0.8, 0.86)	0,04	0,04	0,06	0,06
Üretim Kapasitesi (ÜK)	0,06282	FY	(1.00, 1.00, 1.00, 1.00)	0,06	0,06	0,06	0,06
Tekstil Sektöründeki Yeri (TSY)	0,02134	AY	(0.58, 0.63, 0.8, 0.86)	0,01	0,01	0,02	0,02
Geçmiş Performansı (GP)	0,02864	Y	(0.72, 0.78, 0.92, 0.97)	0,02	0,02	0,03	0,03
Müşteri İhtiyaçlarını Karşılama (MİK)	0,01629	AY	(0.58, 0.63, 0.8, 0.86)	0,01	0,01	0,01	0,01
Lojistik (L)	0,0157	ÇY	(0.93, 0.98, 0.98, 1.00)	0,01	0,02	0,02	0,02
Teslimat Performansı (TP)	0,03456	Y	(0.72, 0.78, 0.92, 0.97)	0,02	0,03	0,03	0,03
Paketleme (P)	0,01371	O	(0.32, 0.41, 0.58, 0.65)	0,00	0,01	0,01	0,01
İşbirliği, Hizmet ve Destek (İHD)	0,00902	ÇY	(0.93, 0.98, 0.98, 1.00)	0,01	0,01	0,01	0,01
İlişkilerin Yakınlığı (İY)	0,05953	Y	(0.72, 0.78, 0.92, 0.97)	0,04	0,05	0,05	0,06
Anlaşmazlıkların Çözümlemesi (AÇ)	0,02843	AY	(0.58, 0.63, 0.8, 0.86)	0,02	0,02	0,02	0,02
Renk Çalışmaları Süreci (RÇS)	0,0108	Y	(0.72, 0.78, 0.92, 0.97)	0,01	0,01	0,01	0,01
Alternatifler			Bulanık Ağırlık	Kümülatif Ağırlık			
Tedarikçi-1	0,15143	FD	(0.00, 0.00, 0.00, 0.00)	0,00	0,00	0,00	0,00
Tedarikçi-2	0,14784	FY	(1.00, 1.00, 1.00, 1.00)	0,15	0,15	0,15	0,15
Tedarikçi-3	0,0954	FD	(0.00, 0.00, 0.00, 0.00)	0,00	0,00	0,00	0,00
				Ortalama Ağırlık			
				0,61	0,64	0,70	0,72

Çizelge 8.13 Tedarikçi-3 için değerlendirme

Ölçütler	Ağırlık Değeri	Sözel	Tedarikçi-3							
			Bulanık Ağırlık				Kümülatif Ağırlık			
Genel Tedarikçi Kriterleri (GTK)	0,01656	ÇY	(0.93,	0.98,	0.98,	1.00)	0,02	0,02	0,02	0,02
Fiyat (F)	0,07273	AY	(0.58,	0.63,	0.8,	0.86)	0,04	0,05	0,06	0,06
Coğrafi Konum (CK)	0,04184	O	(0.32,	0.41,	0.58,	0.65)	0,01	0,02	0,02	0,03
Kalite (K)	0,06647	ÇY	(0.93,	0.98,	0.98,	1.00)	0,06	0,07	0,07	0,07
Mali Durum (MD)	0,03618	FY	(1.00,	1.00,	1.00,	1.00)	0,04	0,04	0,04	0,04
Esneklik (E)	0,0707	Y	(0.72,	0.78,	0.92,	0.97)	0,05	0,06	0,07	0,07
Üretim Kapasitesi (ÜK)	0,06282	FY	(1.00,	1.00,	1.00,	1.00)	0,06	0,06	0,06	0,06
Tekstil Sektöründeki Yeri (TSY)	0,02134	FY	(1.00,	1.00,	1.00,	1.00)	0,02	0,02	0,02	0,02
Geçmiş Performansı (GP)	0,02864	FY	(1.00,	1.00,	1.00,	1.00)	0,03	0,03	0,03	0,03
Müşteri İhtiyaçlarını Karşılama (MİK)	0,01629	ÇY	(0.93,	0.98,	0.98,	1.00)	0,02	0,02	0,02	0,02
Lojistik (L)	0,0157	ÇY	(0.93,	0.98,	0.98,	1.00)	0,01	0,02	0,02	0,02
Teslimat Performansı (TP)	0,03456	FY	(1.00,	1.00,	1.00,	1.00)	0,03	0,03	0,03	0,03
Paketleme (P)	0,01371	AY	(0.58,	0.63,	0.8,	0.86)	0,01	0,01	0,01	0,01
İşbirliği, Hizmet ve Destek (İHD)	0,00902	ÇY	(0.93,	0.98,	0.98,	1.00)	0,01	0,01	0,01	0,01
İlişkilerin Yakınlığı (İY)	0,05953	AY	(0.58,	0.63,	0.8,	0.86)	0,03	0,04	0,05	0,05
Anlaşmazlıkların Çözümlemesi (AÇ)	0,02843	O	(0.32,	0.41,	0.58,	0.65)	0,01	0,01	0,02	0,02
Renk Çalışmaları Süreci (RÇS)	0,0108	AD	(0.17,	0.22,	0.36,	0.42)	0,00	0,00	0,00	0,00
Alternatifler			Bulanık Ağırlık				Kümülatif Ağırlık			
Tedarikçi-1	0,15143	FD	(0.00,	0.00,	0.00,	0.00)	0,00	0,00	0,00	0,00
Tedarikçi-2	0,14784	FD	(0.00,	0.00,	0.00,	0.00)	0,00	0,00	0,00	0,00
Tedarikçi-3	0,0954	FY	(1.00,	1.00,	1.00,	1.00)	0,10	0,10	0,10	0,10
							Ortalama Ağırlık			
							0,55	0,58	0,63	0,65

Çizelge 8.11-13'ten elde edilen sonuçlara göre, Tedarikçi-1'in en büyük ortalama ağırlığa (0,67; 0,69; 0,72; 0,74) sahip olduğu görülmektedir. Böylece, Bulanık ANP algoritmasından elde edilen sonuca göre Bulanık Choquet İntegrali ile yapılan çözümün tutarlı olduğu ortaya çıkmaktadır.

8.5 Lineer Programlama Modeli ile Değerlendirme

Bölüm 8.2'de, Tedarikçi-1'in tüm tedarikçiler arasında en iyi toplam performansı elde ettiğini görmüştük. Bu bölümde, en iyi tedarikçiyi belirlemenin yanı sıra işletmenin belirli bir zaman dilimi içindeki siparişlerini çalıştığı üç tedarikçisi arasında en uygun şekilde dağıtması kurulacak olan Lineer Programlama (LP) modeli ile sağlanacaktır. Bunun için GCBİ algoritmasının 8. adımında yapılan durulaştırma işlemi sonucunda elde edilen Çizelge 8.8'deki toplam performans değerleri (p_i), LP modelinin amaç fonksiyonundaki katsayılar olarak ele alınacaktır. Ayrıca Çizelge 8.9'da incelenen

sistem dinamiği model parametreleri ($a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i$), LP modelinin kısıt katsayılarını oluşturacaktır. Böylece işletmenin tedarikçilerinden bir aylık süreçte çekeceği optimum sipariş miktarları belirlenecektir. En uygun şekilde dağıtılmış sipariş miktarlarını belirlemek için Toplam Değerin (TD) maksimizasyonu sağlanmalıdır.

$$\text{Max. TD} = \sum_{i=1}^n p_i X_i$$

ş.k.g:

$$\sum_{i=1}^n X_i = m \text{ (sipariş miktarı)}$$

$$\sum_{i=1}^n a_i X_i \leq \mu_a m \text{ (kalite kısıtı)}$$

$$\sum_{i=1}^n b_i X_i \leq \mu_b m \text{ (boyalı iplik fiyat kısıtı)}$$

$$\sum_{i=1}^n c_i X_i \leq \mu_c m \text{ (teslim süresi kısıtı)}$$

$$\sum_{i=1}^n d_i X_i \leq \mu_d m \text{ (kapasite kısıtı)}$$

$$\sum_{i=1}^n e_i X_i \leq \mu_e m \text{ (tolerans payı kısıtı)}$$

$$\sum_{i=1}^n f_i X_i \leq \mu_f m \text{ (aylık ziyaret sayısı kısıtı)}$$

$X_i \geq k$ (müşterilerin özel olarak belli tedarikçilerle çalışılmasını istemeleri)

$X_i \leq l$ (müşterilere termini geçirmeden yanıt vermek ve siparişlerin tek bir tedarikçide yoğunlaşmaması için)

$X_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n$ (tedarikçiler)

μ : beklenen performans değeri

$k=2500, l=30000, m=40000$ (sabit değerler).

Çizelge 8.8'deki toplam tedarikçi performans değerleri (durulaştırma değerleri: $p_1=0,651$, $p_2= 0,648$ ve $p_3=0,636$), LP modelinin amaç fonksiyonu katsayıları olmak üzere modelin amaç fonksiyonu oluşturulur. Çizelge 8.9'da verilen sistem dinamiği simülasyon modelinin parametre değerlerinden LP modelinin kısıt katsayılarını oluşturmak mümkündür. LP modelinin diğer sayısal verileri aşağıda özetlenmiştir.

Ortalama aylık sipariş miktarı (m) 40 ton, en fazla kullanılan 30 numara boyalı ipliğin ortalama fiyatı (μ_b) 8,00 TL'dir. Terminler (μ_c) ortalama iki haftadır. Boyalı ipliğin ortalama beklenen firesi (μ_a) %5'tir. Aylık ortalama ziyaret sayısı (μ_f) 4, boya kazanı sayısı (μ_d) 12 ve istenilen miktardan fazla boyama için gösterilen ortalama tolerans payı (μ_e) 5,75 kg olarak bulunmuştur. Buna göre, LP modeli aşağıdaki şekilde kurulur:

$$\text{Max. TD} = 0,651 X_1 + 0,648 X_2 + 0,636 X_3$$

ş.k.g:

$$X_1 + X_2 + X_3 = 40000 \text{ (sipariş miktarı)}$$

$$0,04 X_1 + 0,055 X_2 + 0,045 X_3 \leq 2000 \text{ (kalite kısıtı)}$$

$$8,05 X_1 + 7,55 X_2 + 8,4 X_3 \leq 320000 \text{ (boyalı iplik fiyat kısıtı)}$$

$$19 X_1 + 13 X_2 + 9 X_3 \leq 560000 \text{ (teslim süresi kısıtı)}$$

$$5 X_1 + 6 X_2 + 3 X_3 \leq 200000 \text{ (kapasite kısıtı)}$$

$$5 X_1 + 10 X_2 + 2 X_3 \leq 230000 \text{ (tolerans payı kısıtı)}$$

$$5 X_1 + 12 X_2 + 30 X_3 \leq 600000 \text{ (aylık ziyaret sayısı kısıtı)}$$

$$X_{1,2,3} \geq 2500 \text{ (müşterilerin özel olarak belli tedarikçilerle çalışılmasını istemeleri)}$$

$$X_{1,2,3} \leq 30000 \text{ (müşterilere termini geçirmeden yanıt vermek ve siparişlerin tek bir tedarikçide yoğunlaşmaması için)}$$

$$X_i \geq 0, i = 1,2,3 \text{ (tedarikçiler)}$$

LP problemi Microsoft Excel Solver kullanılarak çözülmüştür. En fazla sipariş alan tedarikçi ve optimum sipariş miktarları aşağıda verilmiştir:

$$\text{TD} = 25819,41$$

$$X_1 = 14705,88$$

$$X_2 = 13235,29$$

$$X_3 = 12058,82$$

Bulanık Choquet İntegrali ve Bulanık ANP algoritmalarını doğrulayacak şekilde, LP algoritmasından çıkan Excel Solver sonuçlarına göre en fazla sipariş alan tedarikçi Tedarikçi-1 olarak görünmektedir.

8.6 Duyarlılık Analizi

LP modeli ile çözülen problemin kısıt denklemlerindeki model parametrelerinin değişimi etkisiyle optimum çözümde oluşacak farklılıkları belirlemek için bu bölümde duyarlılık analizi yapılacaktır. Duyarlılık analizi, model parametrelerindeki kesikli değişimlerle ilgili olarak optimum çözümün dinamik davranışlarının öğrenilmesini sağlar. Standart LP modeli “primal” problem olarak tanımlanır. Sonlu bir optimum çözümü olan tüm primal LP problemlerinin “dual” problem olarak adlandırılan diğer bir optimum çözümü bulunmaktadır.

Dual problem, primal problem kullanılarak aşağıdaki aşamalar izlenerek oluşturulur:

- m adet primal kısıt denkleminin her biri için bir dual değişken tanımlanır.
- n adet primal değişkenin her biri için bir dual kısıt tanımlanır.
- Dual kısıtın sol taraf katsayıları, primal değişkenin kısıt katsayılarının sütun olarak kullanımına eşittir. Sağ taraf sabiti ise primal değişkenin amaç fonksiyonu katsayılarına eşittir.
- Dual problemin amaç fonksiyonu katsayıları, primal problemin sağ taraf değerlerine eşittir.

$w_1, w_2, \dots, w_m$ dual değişkenleri göstermek üzere ve primal problemin sonlu bir çözümü varsa, $\min f(x) = \max g(w)$ veya $\max f(x) = \min g(w)$ bağıntısı mevcuttur.

Primal problem:

$$\max f(x) = c^*x$$

Dual problem:

$$\min g(w) = w^*b$$

ş.k.g:

$$A^*x \leq b$$

$$x \geq 0$$

ş.k.g:

$$w^*A \geq c$$

$$w \geq 0$$

Bölüm 8.5'te kurulan LP modeline göre oluşturulan dual problem aşağıda verilmiştir:

$$\min g(w) = 40000w_1 + 2000w_2 + 320000w_3 + 560000w_4 + 200000w_5 + 230000w_6 + 600000w_7$$

ş.k.g:

$$w_1 + 0,04w_2 + 8,05w_3 + 19w_4 + 5w_5 + 5w_6 + 5w_7 \geq 0,651$$

$$w_1 + 0,055w_2 + 7,55w_3 + 13w_4 + 6w_5 + 10w_6 + 12w_7 \geq 0,648$$

$$w_1 + 0,045w_2 + 8,4w_3 + 9w_4 + 3w_5 + 2w_6 + 30w_7 \geq 0,636$$

$$w_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, 7 \text{ (dual değişkenler)}$$

Dual problem Microsoft Excel Solver ile çözülerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

$$w_1 = 0,623118$$

$$w_2 = 2,1 \text{ E-11}$$

$$w_3 = 0$$

$$w_4 = 0,001235$$

$$w_5 = 0$$

$$w_6 = 0,000882$$

$$w_7 = 0$$

$$g(w) = 25819,4118$$

Sonuçta, dual problemin optimum çözümü LP modelinin optimum çözümüne eşit olarak bulunmuştur:

$$TD = f(x) = g(w) = 25819,41$$

9. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde işletmeler rekabet güçlerini korumak ve pazarda daha büyük pay sahibi olabilmek için üç önemli kavram ile karşı karşıya gelmektedir. Bu kavramlar, kalite, fiyat ve zamandır. Ürün kalitesi arttıkça müşterilerin ödeme gücünün zorlandığı ya da buna karşılık biraz daha fazla ödenek ayırdıkları bilinmektedir. Burada müşteri için üretim hızı ve zamanında teslimat önem taşımaktadır. Bu faktörler dikkate alındığında işletmeler, faaliyetlerini ve organizasyon yapılarını daha iyi planlama ihtiyacı hissetmektedirler.

İşletmeler faaliyetlerini sürdürebilmek için ihtiyaç duydukları hammadde, yarı mamul ya da malzemeleri birçok farklı kaynaklardan sağlayabilirler. Günümüzde dünya çapında faaliyet gösteren büyük firmalar başta olmak üzere birçok firmanın tedarik zinciri incelendiğinde, bu tedarikçilerin dünyanın pek çok farklı noktalarına yayılmış durumda olduklarını görmemiz mümkündür. Böyle farklı özelliklere sahip tedarikçiler arasından seçim yapabilmek ve satın alma faaliyetini gerçekleştirebilmek oldukça güç olmaktadır. Bu nedenle tedarik zinciri yönetimi, işletmelerde çok önemli ve uzmanlık gerektiren bir konu haline gelmiştir.

Var olan tedarikçilerin değerlendirilmesi ve satın alma sırasında değişen firma ihtiyaçlarına göre hangi tedarikçiler ile çalışılması gerektiği konusunda alınacak kararlar özellikle büyük önem taşımaktadır. Alınan kararlardaki tutarsızlıkların ortadan kaldırılması ve uzmanlık gereksinimini azaltacak yönde bir tedarikçi değerlendirme modelinin oluşturulması değer kazanmıştır.

Bu çalışmanın en avantajlı tarafı, işletmenin kendi çıkarlarına en uygun şartlarda hizmet veren tedarikçiyi seçmesinin yanı sıra, kurulacak olan tedarikçi değerlendirme modeli sayesinde belli bir dönem içinde hangi tedarikçilerle hangi miktarlarda çalışması gerektiğini de belirleyebilmektir. Gerek kullanılan yöntemler, gerekse de tutarlılığı sağlama açısından karşılaştırma amaçlı kullanılan yöntemler ve sonuca ilişkin yapılan değerlendirmeler de dahil olmak üzere bundan sonra geliştirilecek yeni modeller için bir temel oluşturması hedeflenmektedir.

İstanbul'da tekstil sektöründe faaliyet göstermekte olan bir örme fabrikasının sürekli olarak çalıştığı üç tedarikçisi arasından en uygun olanının seçimine ilişkin bir tedarikçi değerlendirme modeli kurulmuştur. İşletmenin çalıştığı tedarikçiler, tekstil sektöründeki yapıya uygun olarak belirlenen dört ana ölçüt ve her bir ana ölçüte ait alt ölçütlerle birlikte toplam 17 ölçüt üzerinden değerlendirilmiştir. Ana ve alt ölçütlerin belirlenmesinde mümkün olduğunca nesnelliği ön plana çıkarmak amacıyla, işletmenin sipariş aldığı müşteri temsilcilerinin beklentileri ve siparişlerini tedarik eden firmaların görüşleri dikkate alınarak bir anket çalışması yapılmıştır.

Bulanık ortamda, ölçütler arasında yamuk bulanık sayılar kullanılarak değerlendirmeler yapılmış ve Genelleştirilmiş Choquet Bulanık İntegral (GCBİ) algoritmasından yararlanılarak tedarikçi performansı, her bir alt ölçüt için elde edilen değerlerden entegre edilerek ana ölçütlere ve daha sonra da toplam tedarikçi performansına ulaşılarak sonuçlandırılmıştır. Bu yöntemin avantajı, algoritmanın yapısından kaynaklandığı şekliyle kullanılan ölçütler arasında bağımlılık ilişkisinin ayrıca gözetilmesine ihtiyaç duyulmamasıdır. İşletmenin pazarlama, satın alma ve üretim planlama bölümlerinde görev yapan üç karar vericinin görüşlerine bağlı olarak yapılan değerlendirmelerin öznelliğini en aza indirmek için bulanık sayılı algoritmadan yararlanılmıştır. Normalleştirme adımında kullanılan α -kesim değerlerine bağlı olarak bulunan λ değerlerinin yaklaşık değerler olarak bulunması yöntemin tek dezavantajlı tarafı olarak gözükmektedir.

Sonuçların tutarlılığını kontrol etmek amacıyla Bulanık Analitik Şebeke Prosesi (FANP) yöntemi ile karşılaştırma yapılırken algoritma yapısına bağlı olarak üçgen bulanık sayılardan yararlanılmıştır. Bu yöntemde bağımlı ölçütlerin belirlenmesi gerekmektedir ve bunun için Sistem Dinamiği Simülasyon Modeli (SDSM) kullanılmıştır. Belirli bir zaman dilimi içinde tedarikçilerin gerçekleştirmiş olduğu performansa bağlı olarak yapılan değerlendirmeler, modelin öznelliğini artırıcı bir özellik olarak ortaya çıkmaktadır.

Daha önce de değinildiği gibi en iyi alternatifin belirlenmesinin yanı sıra hangi tedarikçiden belli bir dönemde hangi miktarda faydalanılması gerektiğini belirlemek için; GCBİ algoritmasından elde edilen tedarikçi değerlendirme sonuçları, kurulan

Lineer Programlama (LP) modelinde amaç fonksiyonunun katsayıları olarak kullanılmıştır. Kısıtları oluşturmak için SDSM’de kullanılan parametrelerden yararlanılmış ve simülasyon modelinden bulunan parametre değerleri ilgili kısıtların katsayıları olarak değerlendirilmiştir.

Önerilen sistemde, işletme stratejileri ve politikalarına bağlı olarak yeni tedarikçilerle çalışma ihtiyacı gündeme geldiğinde mevcut üç tedarikçisiyle çalışan işletmenin yeni bir tedarikçiyi gündemine alacak şekilde yeni bir modele ihtiyacı olacaktır. Ayrıca, kurulan simülasyon modelinde geçmiş dönemde yapılan faaliyetlerden yola çıkılarak değerlendirme yapılmaktadır. Bunun için, güncel değerleri göz önünde bulunduran bir dinamik programlama modeli de geliştirmek mümkün olabilir. Böylece değerlendirme aşaması daha kapsamlı hale getirilebilir.

KAYNAKLAR

- Abdel-Hamid, T. K., (1984), The Dynamics of Software Development Project Management: An Integrative System Dynamics Perspective, PhD Thesis, Sloan School of Management, MIT, Cambridge (MA).
- Abratt, R., (1986), "Industrial Buying in High-Tech Markets", *Industrial Marketing Management*, 15:293-298.
- Adamides, E. D. ve Voutsina, M., (2006), "The Double-Helix Model of Manufacturing and Marketing Strategies", *Int. J. Production Economics*, 104:3-18.
- Akkermans, H. A., Bogerd, P. ve Vos, B., (1999), "Virtuous and Vicious Cycles on the Road towards International Supply Chain Management", *International Journal of Operations & Production Management*, 19(5/6):565-581.
- Altunbaş, B. M., (2005), Etkin Bir Tedarikçi Değerlendirme ve Seçme Süreci için Uzman Sistem Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Amid, A., Ghodsypour, S. H. ve O'Brien, C., (2006), "Fuzzy Multiobjective Linear Model for Supplier Selection in a Supply Chain", *Int. J. Production Economics*, 104:394-407.
- Angerhofer, B. J. ve Angelides, M. C., (2000), "System Dynamics Modelling in Supply Chain Management: Research Review", *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference J. A. Joines, R. R. Barton, K. Kang, and P. A. Fishwick, eds.*
- Angilella, S., Greco, S., Lamantia, F. ve Matarazzo, B., (2004), "Assessing Non-Additive Utility for Multicriteria Decision Aid", *European Journal of Operational Research*, 158:734-744.
- Auephanwiriyakul, S., Keller, J. ve Gader, P., (2002), "Generalized Choquet Fuzzy Integral Fusion", *Information Fusion*, 3:69-85.
- Ayyıldız, G., (2003), CIM Yatırımlarının Bulanık AHP Yöntemi ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Baas, S. M. ve Kwakernaak, H., (1977), "Rating and Ranking of Multiple-aspect Alternatives Using Fuzzy Sets", *Automatica*, 13(1):47-58.
- Baldwin, F., (1994), *Fuzzy and Evidential Reasoning in AI*, Ed. Research Studies Press.
- Barlas, Y. ve Aksoğan, A., (1999), "Product Diversification and Quick Response Order Strategies in Supply Chain Management [web page]", Bogazici University 1997 (cited 27 August 1999), Available from <http://ieiris.cc.boun.edu.tr/faculty/barlas/>.

Berrah, L., Mauris G. ve Montmain, J., (2008), "Monitoring the Improvement of an Overall Industrial Performance Based on a Choquet Integral Aggregation", *The International Journal of Management Science*, 36:340-351.

Cakravastia, A., ve Diawati, L., (1999), "Development of System Dynamic Model to Diagnose the Logistic Chain Performance of Shipbuilding Industry in Indonesia", Paper read at International System Dynamics Conference, Wellington, New Zealand.

Chan, F. T. S. ve Kumar, N., (2007), "Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-based Approach", *Omega-The International Journal of Management Science*, 35(4):417-431.

Chang, D.Y., (1996), "Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP", *European Journal of Operational Research*, 95(3):649-655.

Chen, T. C., Lin, C. T. ve Huang, S. F., (2006), "A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management", *International Journal of production Economics*, 102:289-301.

Chen, Y. W. ve Tzeng, G. H., (2001), "Using Fuzzy Integral for Evaluating Subjectively Perceived Travel Costs in a Traffic Assignment Model", *European Journal of Operational Research*, 130:653-664.

Chiou, H. K., Tzeng, G. H. ve Cheng, D. C., (2004), "Evaluating Sustainable Fishing Development Strategies Using Fuzzy MCDM Approach", *The International Journal of Management Science*, 33:223-234.

Choquet, G., (1968), Construction d'ultrafiltres Sur N, *Bull. Sci. Math.*(2)92.

Çerçioğlu, H., (2004), Dempster Schafer Teorisi Kullanılarak Tedarikçi Seçme Uzman Sistemi Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dağdeviren, M., Dönmez, N. ve Kurt, M., (2005), "Bir İşletmede Tedarikçi Değerlendirme Süreci için Yeni Bir Model Tasarımı ve Uygulaması", *Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Maltepe, 06570 Ankara*.

De Boer, L., Labro, E. ve Morlacchi, P., (2001), "A Review of Methods Supporting Supplier Selection", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 22(3):213-224.

Degraeve, Z. ve Roodhooft, F., (2000), "A Mathematical Programming Approach for Procurement Using Activity Based Costing", *Journal of Business Finance and Accounting*, 27 (1-2):69-98.

- Degraeve, Z., Labro, E. ve Roodhooft, F., (2000), "An Evaluation of Vendor Selection Models from a Total Cost of Ownership Perspective", *European Journal of Operational Research*, 125(1):34-58.
- Delgado, M., Herrera, F., Herrera-Viedma, E. ve Martnez, L., (1998), "Combining Numerical and Linguistic Information in Group Decision Making", *Information Sciences*, 107:177–194.
- Demirel, T., Demirel, N. Ç. ve Kahraman, C., (2010), "Multi-criteria Warehouse Location Selection Using Choquet Integral", *Expert Systems with Applications*, 37(5): 3943-3952.
- Demirtaş, E. A. ve Üstün, O., (2008), "An Integrated Multiobjective Decision Making Process for Supplier Selection and Order Allocation", *Omega-The International Journal of Management Science*, 36:76-90.
- Dickson, G. W., (1966), "An Analysis of Vendor Selection Systems and Decisions", *Journal of Purchasing*, 2(1):5–17.
- Dill, M., (1997), "Capital Investment Cycles: A System Dynamics Modelling Approach to Social Theory Development", Paper read at 15th International System Dynamics Conference: "Systems Approach to Learning and Education into the 21st Century", Istanbul, Turkey.
- Dong, W. M. ve Wong, F. S., (1987), "Fuzzy Weighted Averages and Implementation of the Extension Principle", *Fuzzy Sets and Systems*, 21:183-199.
- Dong, W. M., Shah, H. C. ve Wong, F. S., (1985), "Fuzzy Computations in Risk and Decision Analysis", *Civ. Engrg. Syst.*, 2:201-208.
- Dubois, D. ve Prade, H., (1980), *Fuzzy Sets and Systems-Theory and Applications*, Academic Press Inc., New York.
- Ellram, L. M., (1990), "The Supplier Selection Decision in Strategic Partnerships", *Journal of Purchasing and Materials Management*, 26(4):8-14.
- Ellram, L. M., (1994), "Total Cost of Ownership: A Taxonomy of Models", *Journal of Business Logistics*, 15(1):171-192.
- Ford, A., ve Lorber, H. W., (1977), "Methodology for the Analysis of the Impacts of Electric Power Production in the West", Paper read at Environmental Protection Agency Conference on Energy/Environment II.
- Forrester, J. W., (1958), "Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers", *Harvard Business Review*, 36(4):37-66.

- Forrester, J. W., (1961), *Industrial Dynamics*, Productivity Press, Portland (OR).
- Fortemps, P. ve Roubens, M., (1996), "Ranking and Defuzzification Methods Based on Area Compensation", *Fuzzy Sets and Systems*, 82:319-330.
- Gaballa, A. A., (1974), "Minimum Cost Allocation of Tenders", *Operation Research Quarterly*, 25:389-398.
- Ghodsypour, S. H. ve O'Brien, C., (1997), "An Integrated Method Using the Analytical Hierarchy Process with Goal Programming for Multiple Sourcing with Discounted Prices", *Proceedings of the International Conference on Production Research (ICPR)*, Osaka, Japan.
- Ghodsypour, S. H. ve O'Brien, C., (1998), "A Decision Support System for Supplier Selection Using an Integrated Analytical Hierarchy Process and Linear Programming", *International Journal of Production Economics*, 56-57:199-212.
- Ghodsypour, S. H. ve O'Brien, C., (2001), "The Total Cost of Logistic in Supplier Selection, under Conditions of Multiple Sourcing, Multiple Criteria and Capacity Constraint", *International Journal of Production Economics*, 73:15-27.
- Godo, L. ve Torra, V., (2000), "On Aggregation Operators for Ordinal Qualitative Information", *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, 8(2):143-154.
- Godo, L. ve Torra, V., (2001), "Extending Choquet Integrals for Aggregation of Ordinal Values", *Int. Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Bases*, 9:17-32.
- Gökçimen, S. G., (2004), *Tedarikçi Seçme ve Değerlendirme Süreci ve Bir Tekstil Firmasında Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Grabisch, M. ve Labreuche, C., (2004), *Fuzzy Measures and Integrals*, In: Figueira J, Greco S, Ehrgott M, editors, *MCDA*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Grabisch, M., Murofushi, T. ve Sugeno, M., (2000), *Fuzzy Measures and Integrals*, Physica-Verlag, New York.
- Grabisch, M., Nyugen, H. T. ve Walker, E. A., (1995), *Fundamentals of Uncertainty Calculi with Applications to Fuzzy Inference*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- Guo, C., Zhang, D. ve Wu, C., (1998), "Fuzzy-Valued Fuzzy Measures and Generalized Fuzzy Integrals", *Fuzzy Sets And Systems*, 97:255-260.
- Güneri, A. F., Yücel, A. ve Ayyıldız, G., (2009), "An Integrated Fuzzy-LP Approach for a Supplier Selection Problem in Supply Chain Management", *Expert Systems with Applications*, 36:9223-9228.

- Hansen, J. E., ve Bie, P., (1987), "Distribution of Body Fluids, Plasma Protein, and Sodium in Dogs: A System Dynamics Model", *System Dynamics Review*, 3(2):116-135.
- Herrera, F. ve Herrera-Viedma, E., (1997), "Aggregation Operators for Linguistic Weighted Information", *IEEE Trans. on Systems*, 27:646-656.
- Homer, J. B. ve St. Clair, C. L., (1991), "A Model of HIV Transmission through Needle Sharing. A Model Useful in Analyzing Public Policies, such as a Needle Cleaning Campaign", *Interfaces*, 21(3):26-29.
- Humphreys, B. R., (2001), "The Behavior of Manufacturers' Inventories: Evidence from US Industry Level Data", *International Journal of Production Economics*, 71(1):9-20.
- Johansson, H. J., McHugh, P., Pendlebury, A. J. ve Wheeler, W. A., (1993), *Business Process Re-engineering*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Kahraman, C., Ertay, T. ve Büyüközkan, G., (2004), "A Fuzzy Optimization Model for QFD Planning Process Using Analytic Network Approach", *European Journal of Operational Research*, 171: 390-411.
- Karpak, B., Kumcu, E. ve Kasuganti, R., (1999), "An Application of Visual Interactive Goal Programming: A Case in Vendor Selection Decisions", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 8:93-105.
- Klir, G. J. ve Yuan, B., (1995), *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications*, Prentice-Hall International Inc., New Jersey.
- Krajewski, L. J. ve Ritzman, L. P., (1996), *Operations Management: Processes and Value Chains*, Prentice-Hall, New Jersey.
- Krantz, D., Luce, R., Suppes, P. ve Tverski, A., (1971), *Foundations of Measurement*, Academic Press.
- Laarhoven, P. J. M. ve Pedrycz, W., (1983), "A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory", *Fuzzy Sets and Systems*, 11(1):199-227.
- Lamming, R. C., Cousins, P. D. ve Notman, D. M., (1996), "Beyond Vendor Assessment - Relationship Assessment Programmes", *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 2(4):173-181.
- Lane, D. C., (1997), "Invited Review and Reappraisal: Industrial Dynamics", *Journal of the Operational Research Society*, 48:1037-1042.

- Lee, H., Shi, Y., Nazem, S. M., Yeol Kang, S., Ho Park, T. ve Ho Sohn, M., (2001), "Multicriteria Hub Decision Making for Rural Area Telecommunication Networks", *European Journal of Operational Research*, 133(3):483-495.
- Lehmann, D. R. ve O'Shaughnessy, J., (1974), "Difference in Attribute Importance for Different Industrial Products", *Journal of Marketing*, 38(2):36-42.
- Lin H. T., Chang W. L., (2008), "Order Selection and Pricing Methods Using Flexible Quantity and Fuzzy Approach for Buyer Evaluation", *European Journal of Operational Research*, 187.
- Lyneis, J. M., (1980), *Corporate Planning and Policy Design: A System Dynamics Approach*, Cambridge (MA): Pugh-Roberts Associates.
- Mandal, A. ve Deshmukh, S. G., (1994), "Vendor Selection Using Interpretive Structural Modelling", *International Journal of Operations & Production Management*, 14(6):52-59.
- Marichal, J. ve Roubens, M., (1999), "Consensus with Ordinal Data", *Proceedings of the EUFIT Conference*.
- Marquez, A. C. ve Blanchar, C., (2004), "The Procurement of Strategic Parts. Analysis of a Portfolio of Contracts with Suppliers Using a System Dynamics Simulation Model", *Int. J. Production Economics*, 88:29-49.
- Mateu, A.V., (2002), *ClusDM: A Multiple Criteria Decision Making Method for Heterogeneous Data Sets*, Tesi Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Meade, L. ve Sarkis, J., (1998), "Strategic Analysis of Logistics and Supply Chain Management Systems Using the Analytical Network Process", *Transp. Res. E.*, 34.
- Meyer, P. ve Roubens, M., (2005), "On the Use of the Choquet Integral with Fuzzy Numbers in Multiplecriteria Decision Support", *Fuzzy Sets and Systems*, 157:927-938.
- Mikhailov, L. ve Singh, M. G., (1999), "Fuzzy Assessment of Priorities with Application to the Competitive Bidding", *J. Dec. Syst.*, 8(1):11-28.
- Mikhailov, L. ve Singh, M. G., (2003), "Fuzzy Analytic Network Process and its Application to the Development of Decision Support Systems", *IEEE Trans. on Systems*, 33(1):33-41.
- Min, H. ve Galle, W. P., (1999), "Electronic Commerce Usage in Business-to-Business Purchasing", *International Journal of Operations & Production Management*, 19:909-921.

Modave, F. ve Grabisch, M., (1997), "Prefential Independence and the Choquet Integral", In 8th Int. Conf. on the Foundations and Applications of Decision under Risk and Uncertainty (FUR), Mons, Belgium.

Moore, R. E., (1966), Interval Analysis, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Mosekilde, E., Larsen, E. R. ve Sterman, J. D., (1991), "Coping with Complexity: Deterministic Chaos in Human Decisionmaking Behavior. In Beyond Belief: Randomness, Prediction, and Explanation in Science", edited by J. L. Casti and A. Karlqvist, Boston (MA): CRC Press.

Paul, G., ve Beitz, W., (1988), Engineering Design, Springer, New York.

Ravi, V., Shankar, R. ve Tiwari, M. K., (2005), "Analyzing Alternatives in Reverse Logistics for End-of-life Computers: ANP and Balanced Scorecard Approach", Computers & Industrial Engineering, 48:327-356.

Ribeiro, R. A., (1996), "Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: A Review and New Preference Elicitation Techniques", Fuzzy Sets and Systems, 78(2):155-181.

Richardson, G. P., ve Pugh, A. L., (1981), Introduction to System Dynamics Modeling, Productivity Press, Portland (OR).

Saaty, T. L., (1996), Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process, RWS Publications, Pittsburgh.

Stavropolous, B., (2000), "Suppliers in the New Economy", Telecommunications Journal of Australia, 50:27-29.

Sterman, J. D., (1989), "Modeling Managerial Behavior: Misperceptions of Feedback in a Dynamic Decision Making Experiment", Management Science, 35(3):321-339.

Sterman, J. D., Forrester, J. W., Graham, A. K. ve Senge, P. M., (1983), "An Integrated Approach to the Economic Long Wave", Paper read at Long Waves, Depression, Innovation, Siena-Florence, Italy.

Sugeno, M., (1974), Theory of Fuzzy Integrals and its Applications, Ph.D. Thesis, Tokyo Institute of Technology, Tokyo.

Takahagi, E., (2005), λ Fuzzy Measure Identification Methods using λ and Weights, School of Commerce, Senshu University, Japan.

Tesfamariam, D. ve Lindberg, B., (2005), "Aggregate Analysis of Manufacturing Systems Using System Dynamics and ANP", Computers & Industrial Engineering, 49:98-117.

- Towill, D. R., (1996), "Industrial Dynamics Modelling of Supply Chains", *Logistics Information Management*, 9(4):43-56.
- Tsai, H. H. ve Lu, I. Y., (2006), "The Evaluation of Service Quality Using Generalized Choquet Integral", *Information Sciences*, 176:640-663.
- Tseng, T. Y. ve Klein, C. M., (1992), "A New Algorithm for Fuzzy Multicriteria Decision Making", *International Journal of Approximate Reasoning*, 6(1):45-66.
- Tzeng, G. H., Ou Yang, Y. P., Lin, C. T. ve Chen, C. B., (2004), "Hierarchical MADM with Fuzzy Integral for Evaluating Enterprise Intranet Web Sites", *Information Sciences*, 169:409-426.
- Vennix, J. A. M., (1996), *Group Model Building: Facilitating Team Learning Using System Dynamics*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Wang, Z. ve Klir, G. J., (1992), *Fuzzy Measure Theory*, Plenum Publishing Corporation, New York.
- Weber, C. A., Current, J. R. ve Benton, W. C., (1991), "Vendor Selection Criteria and Methods", *European Journal of Operational Research*, 50:2-18.
- Weber, C. A., ve Current, J. R., (1993), "A Multiobjective Approach to Vendor Selection", *European Journal of Operational Research*, 68:173-184.
- Wind, J. Y. ve Robinson, P. J., (1968), "Some Applications of Mathematical Analysis of Perception and Preference in Advertising", *Marketing Science Institute Working Paper*, 45:1.
- Wu, C., Zhang, D., Guo, C. ve Wu, C., (1998), "Fuzzy Number Fuzzy Measures and Fuzzy Integrals (I). Fuzzy Integrals of Functions with Respect to Fuzzy Number Fuzzy Measures", *Fuzzy Sets and Systems*, 98:350-360.
- Wu, C., Zhang, D., Zhang, B. ve Guo, C., (1999), "Fuzzy Number Fuzzy Measures and Fuzzy Integrals (II). Fuzzy Integrals of Fuzzy-Valued Functions with Respect to Fuzzy Number Fuzzy Measures on Fuzzy Sets", *Fuzzy Sets and Systems*, 101:137-141.
- Yager, R. R. ve Filev, D. P., (1994), *Essentials of Fuzzy Modelling and Control*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Yager, R. R., (1978), "Fuzzy Decision Making Including Unequal Objectives", *Fuzzy Sets and Systems*, 1:87-95.
- Yager, R. R., (1981), "A New Methodology for Ordinal Multiobjective Decisions Based on Fuzzy Sets", *Decision Science*, 12:589-600.

Yager, R. R., (1988), "On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multi-criteria Decision Making", IEEE Trans. SMC, 18:183-190.

Yager, R. R., (1998), "Fusion of Ordinal Information Using Weighted Median Aggregation", Int. Journal of Approximate Reasoning, 18:35-52.

Yao, J. S., Chen, M. S. ve Lu, H. F., (2004), A Fuzzy Stochastic Single-period Model for Cash Management", European Journal of Operational Research, 170:72-90.

Zadeh, L. A. ve Bellman, R. E., (1970), Decision-Making in a Fuzzy Environment, University of Berkeley.

EKLER

Ek 1 Tedarikçilerin 01.01.07-01.03.07 arası sipariş verileri

Ek 2 Superdecisions ile ANP'nin duyarlılık analizi

Ek 3 Tedarikçi-2 ve Tedarikçi-3 için normalleştirilmiş tedarikçi performansı

Ek 4 LP probleminin Microsoft Excel Solver kullanılarak çözümü

Ek 1 Tedarikçilerin 01.01.07-01.03.07 arası sipariş verileri

Tedarikçi-1 için 01.01.07-01.03.07 arası sipariş miktarı ve ortalama teslimat süresi

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
05.01.2007	28/1 OE VİS	154	31
05.01.2007	28/1 OE VİS	66	26
05.01.2007	28/1 OE VİS	310	28
05.01.2007	28/1 OE VİS	154	26
05.01.2007	28/1 OE VİS	66	26
08.01.2007	30/1 PTR	4813	12
08.01.2007	30/1 PTR	562	12
08.01.2007	30/1 PTR	653	12
08.01.2007	30/1 PTR	506	16
17.01.2007	28/1 OE VİS	336	26
17.01.2007	28/1 OE VİS	378	26
17.01.2007	30/1 PTR	398	22
17.01.2007	30/1 PTR	275	19
17.01.2007	30/1 PTR	220	13
17.01.2007	30/1 PTR	99	30
17.01.2007	30/1 PTR	206	17
17.01.2007	30/1 PTR	237	22
17.01.2007	30/1 PTR	129	17
19.01.2007	30/2 KTR	131	18
19.01.2007	30/2 KTR	263	17
19.01.2007	30/2 KTR	190	18
31.01.2007	30/1 P.POLY	160	21
31.01.2007	30/1 P.POLY	130	21
31.01.2007	30/1 PTR	40	14
31.01.2007	30/1 PTR	40	15
31.01.2007	30/1 PTR	9	19
31.01.2007	30/1 PTR	9	15
31.01.2007	30/1 PTR	8	17
31.01.2007	30/1 PTR	8	15
31.01.2007	30/1 PTR	29	19
01.02.2007	40/1 PTR	70	16
01.02.2007	40/1 PTR	70	16
01.02.2007	40/1 PTR	50	15
01.02.2007	40/1 PTR	50	15

Tedarikçi-1 için tablonun devamı...

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
01.02.2007	28/1 RİNG VİS	30	6
01.02.2007	28/1 RİNG VİS	30	6
02.02.2007	24/1 KTR	290	11
02.02.2007	24/1 KTR	350	12
05.02.2007	20/1 KTR	18	9
07.02.2007	30/1 PTR	127	23
07.02.2007	30/1 PTR	162	22
07.02.2007	30/1 PTR	295	19
07.02.2007	30/1 PTR	365	20
07.02.2007	24/1 KTR	348	31
07.02.2007	24/1 KTR	348	26
09.02.2007	30/1 PTR	155	10
09.02.2007	30/1 PTR	105	8
09.02.2007	30/1 PTR	155	8
14.02.2007	30/1 PTR	150	22
14.02.2007	30/1 PTR	185	22
16.02.2007	30/1 PTR	185	22
16.02.2007	30/1 PTR	232	15
16.02.2007	30/1 PTR	312	32
16.02.2007	30/1 PTR	382	33
16.02.2007	30/1 PTR	156	26
16.02.2007	30/1 PTR	191	26
17.02.2007	24/1 KTR	200	11
17.02.2007	24/1 KTR	660	9
17.02.2007	24/1 KTR	115	7
17.02.2007	24/1 KTR	75	10
17.02.2007	24/1 KTR	300	11
17.02.2007	24/1 KTR	615	14
17.02.2007	24/1 KTR	100	11
17.02.2007	24/1 KTR	75	14
17.02.2007	24/1 KTR	210	9
17.02.2007	24/1 KTR	275	7
19.02.2007	28/1 RİNG VİS	378	24
19.02.2007	28/1 RİNG VİS	971	19
19.02.2007	24/1 PTR	12	12
19.02.2007	24/1 PTR	20	15

Tedarikçi-1 için tablonun devamı...

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
21.02.2007	20/1 PTR	195	22
21.02.2007	20/1 PTR	50	21
21.02.2007	20/1 PTR	70	25
21.02.2007	20/1 PTR	50	21
21.02.2007	20/1 PTR	40	29
21.02.2007	20/1 PTR	45	22
21.02.2007	20/1 PTR	380	30
21.02.2007	20/1 PTR	55	22
21.02.2007	20/1 PTR	90	22
21.02.2007	20/1 PTR	86	22
21.02.2007	20/1 PTR	71	23
21.02.2007	20/1 PTR	91	25
21.02.2007	20/1 PTR	150	22
21.02.2007	20/1 PTR	66	22
21.02.2007	20/1 PTR	12	22
21.02.2007	30/1 PTR	64	26
24.02.2007	24/1 KTR	55	4
28.02.2007	28/1 RİNG VİS	115	25
28.02.2007	28/1 RİNG VİS	285	23

ORT. TERMİN	18,7
-------------	------

Tedarikçi-2 için 01.01.07-01.03.07 arası sipariş miktarı ve ortalama teslimat süresi

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
05.01.2007	20/2 KTR	105	21
05.01.2007	20/2 KTR	55	21
05.01.2007	20/2 KTR	55	21
16.01.2007	40/1 PTR CO	16	8
16.01.2007	40/1 PTR CO	16	8
16.01.2007	40/1 PTR CO	16	10
16.01.2007	40/1 PTR CO	16	9
16.01.2007	40/1 PTR CO	40	8
17.01.2007	30/1 KTR	920	26
17.01.2007	30/1 KTR	1010	6
17.01.2007	24/1 KTR	75	15
17.01.2007	24/1 KTR	16	10

Tedarikçi-2 için tablonun devamı...

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
17.01.2007	24/1 KTR	145	10
17.01.2007	24/1 KTR	75	10
20.01.2007	30/1 PTR CO	485	21
20.01.2007	30/1 PTR CO	425	26
20.01.2007	30/1 PTR CO	325	11
20.01.2007	30/1 PTR CO	40	11
20.01.2007	30/1 PTR CO	730	13
20.01.2007	30/1 PTR CO	140	18
20.01.2007	30/1 PTR CO	75	11
20.01.2007	30/1 PTR CO	145	11
20.01.2007	30/1 PTR CO	255	12
20.01.2007	30/1 PTR CO	2112	19
23.01.2007	20/1 KTR	100	28
26.01.2007	24/1 PTR	33	17
26.01.2007	24/1 PTR	116	17
26.01.2007	24/1 PTR	127	17
26.01.2007	24/1 PTR	521	15
26.01.2007	24/1 PTR	1120	11
26.01.2007	24/1 PTR	258	11
26.01.2007	24/1 PTR	17	11
26.01.2007	24/1 PTR	524	15
26.01.2007	24/1 PTR	418	11
26.01.2007	24/1 PTR	223	11
26.01.2007	24/1 PTR	36	11
26.01.2007	24/1 PTR	777	13
26.01.2007	24/1 PTR	369	12
26.01.2007	24/1 PTR	328	11
26.01.2007	24/1 PTR	256	11
26.01.2007	24/1 PTR	538	17
26.01.2007	24/1 PTR	378	12
26.01.2007	24/1 PTR	55	13
26.01.2007	24/1 PTR	55	12
26.01.2007	24/1 PTR	67	12
26.01.2007	30/1 PTR	1045	18
26.01.2007	30/1 PTR	395	19
26.01.2007	30/1 PTR	75	8

Tedarikçi-2 için tablonun devamı...

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
26.01.2007	30/1 PTR	631	17
26.01.2007	30/1 PTR	559	13
26.01.2007	30/1 PTR	102	12
26.01.2007	30/1 PTR	727	26
26.01.2007	30/1 PTR	909	25
26.01.2007	30/1 PTR	650	18
26.01.2007	30/1 PTR	746	15
26.01.2007	30/1 PTR	869	17
26.01.2007	30/1 PTR	360	12
26.01.2007	30/1 PTR	18	13
26.01.2007	30/1 PTR	754	24
26.01.2007	30/1 PTR	12	28
26.01.2007	30/1 PTR	128	12
26.01.2007	30/1 PTR	892	21
26.01.2007	30/1 PTR	165	13
26.01.2007	30/1 PTR	43	12
26.01.2007	30/1 PTR	789	20
26.01.2007	30/1 PTR	615	11
26.01.2007	30/1 PTR	90	13
26.01.2007	30/1 PTR	851	17
26.01.2007	30/1 PTR	555	14
26.01.2007	30/1 PTR	393	19
26.01.2007	30/1 PTR	214	11
26.01.2007	30/1 PTR	258	18
29.01.2007	20/1 KTR	200	10
31.01.2007	30/1 PTR CO	500	6
31.01.2007	30/1 PTR CO	500	6
02.01.2007	30/1 PTR CO	40	10
02.01.2007	30/1 PTR CO	615	22
02.01.2007	30/1 PTR CO	500	15
02.01.2007	30/1 PTR CO	215	11
02.01.2007	30/1 PTR CO	35	22
02.02.2007	40/1 PTR CO	160	11
02.02.2007	40/1 PTR CO	140	11
02.02.2007	40/1 PTR CO	85	14
02.02.2007	40/1 PTR CO	65	10

Tedarikçi-2 için tablonun devamı...

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
02.02.2007	24/1 PTR CO	40	10
02.02.2007	24/1 PTR CO	40	10
02.02.2007	24/1 PTR CO	40	10
02.02.2007	24/1 PTR CO	25	10
03.02.2007	20/1 KTR	80	13
06.02.2007	24/1 KTR	197	15
06.02.2007	24/1 KTR	11	8
09.02.2007	24/1 KTR	300	25
09.02.2007	24/1 KTR	198	14
09.02.2007	24/1 KTR	300	9
09.02.2007	24/1 KTR	198	7
09.02.2007	24/1 KTR	300	7
09.02.2007	24/1 KTR	198	13
09.02.2007	30/1 PTR CO	30	7
09.02.2007	30/1 PTR CO	125	10
09.02.2007	30/1 PTR CO	30	21
09.02.2007	30/1 PTR CO	45	11
09.02.2007	30/1 PTR CO	30	15
10.02.2007	20/1 KTR	35	7
10.02.2007	20/1 KTR	77	6
13.02.2007	30/1 PTR CO	2320	9
13.02.2007	30/1 PTR CO	2975	17
13.02.2007	30/1 PTR CO	90	13
13.02.2007	30/1 PTR CO	160	14
13.02.2007	30/1 PTR CO	40	10
13.02.2007	30/1 PTR CO	1270	14
13.02.2007	30/1 PTR CO	122	15
13.02.2007	30/1 PTR CO	2685	9
13.02.2007	30/1 PTR CO	132	11
13.02.2007	30/1 PTR CO	24	8
13.02.2007	30/1 PTR CO	315	17
13.02.2007	30/1 PTR CO	315	9
13.02.2007	30/1 PTR CO	100	11
13.02.2007	30/1 PTR CO	40	8
13.02.2007	30/1 PTR CO	814	11
13.02.2007	30/1 PTR CO	2910	13

Tedarikçi-2 için tablonun devamı...

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
13.02.2007	30/1 PTR CO	131	10
13.02.2007	30/1 PTR CO	393	10
13.02.2007	30/1 KTR	40	9
16.02.2007	30/1 PTR	184	11
16.02.2007	30/1 PTR	160	10
16.02.2007	30/1 PTR	65	11
16.02.2007	30/1 PTR	75	11
16.02.2007	30/1 PTR	116	12
16.02.2007	30/1 PTR	145	13
16.02.2007	30/1 PTR	140	11
16.02.2007	30/1 PTR	99	11
16.02.2007	30/1 PTR	67	12
16.02.2007	30/1 PTR	65	10
19.02.2007	24/1 PTR	325	10
19.02.2007	24/1 PTR	70	11
19.02.2007	24/1 PTR	1270	15
19.02.2007	24/1 PTR	820	17
19.02.2007	24/1 PTR	797	10
20.02.2007	30/1 KTR	95	6
20.02.2007	30/1 KTR	95	6
20.02.2007	30/1 KTR	95	14
20.02.2007	30/1 KTR	95	7
20.02.2007	30/1 KTR	120	8
22.02.2007	24/1 PTR	150	5
22.02.2007	24/1 PTR	155	6
22.02.2007	24/1 PTR	35	9
22.02.2007	24/1 PTR	48	9
22.02.2007	24/1 PTR	38	9
22.02.2007	24/1 PTR	45	6
27.02.2007	24/1 PTR	135	10
27.02.2007	24/1 PTR	135	7
27.02.2007	24/1 PTR	135	13
27.02.2007	24/1 PTR	135	8
27.02.2007	24/1 PTR	270	6
27.02.2007	30/1 PTR CO	40	8
27.02.2007	24/1 PTR	40	10

Tedarikçi-2 için tablonun devamı...

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
27.02.2007	24/1 PTR	40	10
27.02.2007	24/1 PTR	40	10
27.02.2007	30/1 PTR	45	10
27.02.2007	30/1 PTR	35	10
27.02.2007	30/1 PTR	45	13
27.02.2007	30/1 PTR	45	8
27.02.2007	30/1 PTR	80	18
28.02.2007	30/1 PTR CO	8	16
28.02.2007	30/1 PTR CO	16	10
28.02.2007	30/1 PTR CO	8	16

ORT. TERMİN	12,7
-------------	------

Tedarikçi-3 için 01.01.07-01.03.07 arası sipariş miktarı ve ortalama teslimat süresi

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
05.01.2007	24/1 KTR	430	5
05.01.2007	24/1 KTR	430	11
05.01.2007	30/1 PTR	75	8
05.01.2007	30/1 PTR	40	5
05.01.2007	30/1 PTR	75	6
05.01.2007	24/1 PTR	172	7
05.01.2007	24/1 PTR	199	9
05.01.2007	24/1 PTR	15	8
05.01.2007	24/1 PTR	25	11
05.01.2007	30/1 PTR	65	4
05.01.2007	30/1 PTR	65	6
05.01.2007	30/1 PTR	65	9
05.01.2007	30/1 PTR	195	8
05.01.2007	30/1 PTR	168	5
05.01.2007	30/1 PTR	93	5
05.01.2007	30/1 PTR	68	7
05.01.2007	30/1 PTR	65	9
05.01.2007	30/1 PTR	100	11
05.01.2007	30/1 PTR	125	5
05.01.2007	30/1 PTR	22	7

Tedarikçi-3 için tablonun devamı...

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
05.01.2007	30/1 PTR	50	8
05.01.2007	30/1 PTR	86	7
05.01.2007	30/1 PTR	35	9
05.01.2007	30/1 PTR	135	12
05.01.2007	30/1 PTR	141	11
05.01.2007	30/1 PTR	16	3
05.01.2007	30/1 PTR	26	8
05.01.2007	30/1 PTR	71	7
05.01.2007	30/1 PTR	28	9
10.01.2007	30/1 PTR	25	9
11.01.2007	30/1 PTR	35	11
11.01.2007	30/1 PTR	25	13
11.01.2007	30/1 PTR	35	6
11.01.2007	30/1 PTR	45	9
11.01.2007	30/1 PTR	20	7
11.01.2007	30/1 PTR	10	7
11.01.2007	30/1 PTR	10	8
11.01.2007	30/1 PTR	20	11
11.01.2007	30/1 PTR	30	14
11.01.2007	30/1 PTR	70	7
11.01.2007	30/1 PTR	25	8
11.01.2007	24/1 PTR	20	9
11.01.2007	24/1 PTR	40	11
11.01.2007	24/1 PTR	20	7
11.01.2007	24/1 PTR	40	8
11.01.2007	24/1 PTR	30	9
11.01.2007	20/1 PTR	30	11
11.01.2007	20/1 PTR	50	10
11.01.2007	20/1 PTR	30	7
11.01.2007	20/1 PTR	25	7
11.01.2007	10/1 KTR	20	9
11.01.2007	30/1 KTR	10	8
12.01.2007	20/1 KTR	576	10
12.01.2007	20/1 KTR	69	12
12.01.2007	20/1 KTR	28	8
12.01.2007	20/1 KTR	28	8

Tedarikçi-3 için tablonun devamı...

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
13.01.2007	40/1 PTR	95	7
13.01.2007	40/1 PTR	30	10
17.01.2007	30/1 KTR	145	9
18.01.2007	20/1 PTR	94	11
18.01.2007	20/1 PTR	94	5
18.01.2007	30/1 PTR	20	10
22.01.2007	20/1 PTR	75	9
22.01.2007	20/1 PTR	32	8
22.01.2007	20/1 PTR	712	7
22.01.2007	20/1 PTR	30	11
22.01.2007	20/1 PTR	709	12
22.01.2007	20/1 PTR	36	3
22.01.2007	20/1 PTR	829	16
22.01.2007	20/1 PTR	13	18
22.01.2007	20/1 PTR	333	5
22.01.2007	30/1 PTR	325	11
23.01.2007	30/1 PTR	30	10
23.01.2007	30/1 PTR	30	9
23.01.2007	30/1 PTR	30	7
23.01.2007	30/1 PTR	30	9
24.01.2007	30/1 PTR	45	14
24.01.2007	30/1 PTR	80	10
25.01.2007	30/1 PTR	60	9
25.01.2007	30/1 PTR	10	8
25.01.2007	30/1 PTR	60	11
25.01.2007	30/1 KTR	30	10
31.01.2007	20/1 KTR	20	9
31.01.2007	20/1 KTR	10	18
01.02.2007	30/1 PTR	10	4
01.02.2007	30/1 PTR	20	9
01.02.2007	30/1 PTR	10	8
01.02.2007	30/1 PTR	10	11
06.02.2007	30/1 KTR	88	10
06.02.2007	30/1 KTR	365	9
06.02.2007	30/1 KTR	365	8
06.02.2007	30/1 KTR	74	13

Tedarikçi-3 için tablonun devamı...

Tarih	Satın alınan iplik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
06.02.2007	30/1 KTR	20	9
06.02.2007	30/1 KTR	32	8
07.02.2007	20/1 KTR	114	9
07.02.2007	20/1 KTR	170	5
07.02.2007	20/1 KTR	141	10
07.02.2007	20/1 KTR	86	7
07.02.2007	30/1 PTR	65	9
07.02.2007	30/1 PTR	65	9
08.02.2007	30/1 KTR	310	8
08.02.2007	30/1 KTR	35	11
08.02.2007	30/1 KTR	35	9
08.02.2007	30/1 KTR	42	8
08.02.2007	30/1 KTR	49	8
09.02.2007	30/1 KTR	130	6
09.02.2007	30/1 KTR	84	11
09.02.2007	30/1 PTR	25	9
09.02.2007	30/1 PTR	25	10
09.02.2007	30/1 PTR	25	13
09.02.2007	30/1 PTR	85	11
12.02.2007	24/1 KTR	90	15
12.02.2007	24/1 KTR	90	8
12.02.2007	24/1 KTR	90	10
13.02.2007	30/1 KTR	6	9
13.02.2007	30/1 KTR	6	9
13.02.2007	30/1 KTR	6	7
13.02.2007	30/1 KTR	6	10
14.02.2007	20/1 KTR	45	9
14.02.2007	20/1 KTR	475	7
17.02.2007	30/1 KTR	6	8
17.02.2007	30/1 KTR	6	8
26.02.2007	40/1 PTR	100	10
26.02.2007	40/1 PTR	17	9
26.02.2007	40/1 PTR	5	7
26.02.2007	40/1 PTR	20	11
26.02.2007	40/1 PTR	5	9
26.02.2007	40/1 PTR	15	13

Tedarikçi-3 için tablonun devamı...

Tarih	Satın alınan ipik cinsi	Miktar (Kg)	Teslimat süresi (gün)
26.02.2007	40/1 PTR	30	8
26.02.2007	40/1 PTR	15	9
26.02.2007	40/1 PTR	15	10
26.02.2007	40/1 PTR	10	8
26.02.2007	40/1 PTR	15	11
26.02.2007	40/1 PTR	15	10
26.02.2007	40/1 PTR	40	8
26.02.2007	40/1 PTR	15	7
26.02.2007	40/1 PTR	15	9
27.02.2007	20/1 PTR	20	9
27.02.2007	20/1 PTR	25	14
27.02.2007	20/1 PTR	20	7
27.02.2007	20/1 PTR	20	11
27.02.2007	20/1 PTR	25	9
27.02.2007	30/1 PTR	125	8

ORT. TERMİN	8,9
--------------------	------------

Ek 2 Superdecisions ile ANP'nin duyarlılık analizi

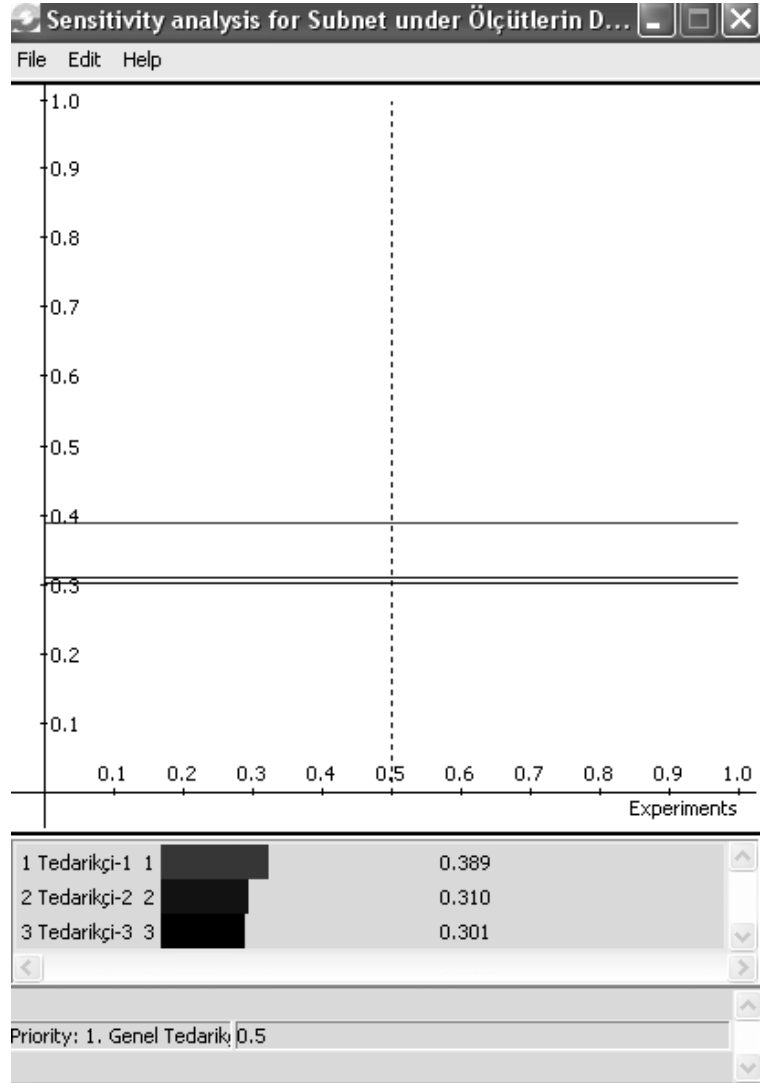
Ana ve alt ölçütler ile alternatifler için öncelik değerleri

Subnet under Ölçütlerin Değerlendirilmesi: Priorities				
Here are the priorities.				
Icon	Name		Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	1. Genel Tedarikçi Kriterleri		0.25172	0.016558
No Icon	4. İşbirliği-Hizmet-Destek		0.13714	0.009021
No Icon	3. Lojistik		0.23863	0.015697
No Icon	3.2. Paketleme		0.20841	0.013709
No Icon	4.3. Renk Çalışmaları Süreci		0.16411	0.010795
No Icon	1.1. Fiyat		0.13480	0.072731
No Icon	1.4. Mali Durum		0.06705	0.036178
No Icon	2.1. Tekstil Sektöründeki Yeri		0.03956	0.021342
No Icon	3.1. Teslimat Performansı		0.06405	0.034556
No Icon	4.1. İlişkilerin Yakınlığı		0.11033	0.059528
No Icon	4.2. Anlaşmazlıkların Çözümü		0.05270	0.028434
No Icon	1.2. Coğrafi Konum		0.07755	0.041844
No Icon	1.5. Esneklik		0.13104	0.070702
No Icon	2.2. Geçmiş Performansı		0.05309	0.028643
No Icon	1.3. Kalite		0.12320	0.066473
No Icon	2.3. Müşteri İhtiyaçlarını Karşılama		0.03019	0.016288
No Icon	2. Üretim Kapasitesi		0.11644	0.062822
No Icon	Tedarikçi-1		0.36369	0.151434
No Icon	Tedarikçi-2		0.37459	0.147844
No Icon	Tedarikçi-3		0.24172	0.095402

Alternatifler için modelin toplam sentezinden elde edilen öncelik değerleri

New synthesis for: Super Decisions Main Window: tedari...				
Here are the overall synthesized priorities for the alternatives. You synthesized from the network Super Decisions Main Window: tedarikci-degerlendirme.mod: formulaic				
Name	Graphic	Ideals	Normals	Raw
1 Tedarikçi-1		1.000000	0.388822	0.553707
2 Tedarikçi-2		0.797204	0.309970	0.441417
3 Tedarikçi-3		0.774669	0.301208	0.428939

Duyarlılık analizi



Ek 3 Tedarikçi-2 ve Tedarikçi-3 için normalleştirilmiş tedarikçi performansı

Tedarikçi-2 için normalleştirilmiş tedarikçi performansı									
	Ölçütler	Ölçütlerin bireysel önemliliği			Bulanık değerler			Normalleştirilmiş Tedarikçi Perf.	
								Tedarikçi-2	
$\alpha = 0$	T1: GTK			$\lambda =$	-0,998644	$\lambda =$	-0,999999	0,480	0,844
	s11: F	0,63	0,83	4	0,820441	3	0,993573	0,482	0,675
	s12: CK	0,52	0,81	5	0,520000	5	0,810000	0,508	0,873
	s13: K	0,91	0,99	1	1,000000	1	1,000000	0,313	0,448
	s14: MD	0,83	0,99	3	0,969495	2	0,999905	0,413	0,668
	s15: E	0,55	0,81	2	0,986996	4	0,963267	0,325	0,735
	T2: ÜK			$\lambda =$	-0,987732	$\lambda =$	-0,999991	0,353	0,624
	s21: TSY	0,83	0,99	3	0,830000	3	0,990000	0,360	0,625
	s22: GP	0,83	0,99	2	0,978650	2	0,999908	0,325	0,545
	s23: MİK	0,65	0,92	1	1,000000	1	1,000000	0,260	0,440
	T3: L			$\lambda =$	-0,965470	$\lambda =$	-0,999506	0,327	0,665
	s31: TP	0,86	0,95	1	1,000000	1	1,000000	0,290	0,465
	s32: P	0,83	0,99	2	0,830000	2	0,990000	0,335	0,668
	T4: İHD			$\lambda =$	-0,976115	$\lambda =$	-0,999548	0,366	0,631
	s41: İY	0,76	0,95	2	0,873365	3	0,950000	0,330	0,633
	s42: AÇ	0,86	0,95	1	1,000000	1	1,000000	0,325	0,545
	s43: RÇS	0,45	0,80	3	0,450000	2	0,990175	0,413	0,615
$\alpha = 1$	T1: GTK			$\lambda =$	-0,999560	$\lambda =$	-0,999976	0,535	0,779
	s11: F	0,70	0,78	4	0,878183	3	0,981870	0,513	0,641
	s12: CK	0,60	0,75	5	0,600000	5	0,750000	0,565	0,818
	s13: K	0,93	0,97	1	1,000000	1	1,000000	0,348	0,400
	s14: MD	0,88	0,95	3	0,985722	2	0,999116	0,450	0,623
	s15: E	0,60	0,67	2	0,994549	4	0,917512	0,363	0,680
	T2: ÜK			$\lambda =$	-0,995412	$\lambda =$	-0,99964448	0,388	0,566
	s21: TSY	0,88	0,95	3	0,880000	3	0,950000	0,393	0,570
	s22: GP	0,88	0,95	2	0,989153	2	0,997821	0,358	0,490
	s23: MİK	0,71	0,86	1	1,000000	1	1,000000	0,298	0,385
	T3: L			$\lambda =$	-0,98081576	$\lambda =$	-0,99624060	0,383	0,605
	s31: TP	0,88	0,93	1	1,000000	1	1,000000	0,315	0,410
	s32: P	0,88	0,95	2	0,880000	2	0,950000	0,393	0,615
	T4: İHD			$\lambda =$	-0,98578353	$\lambda =$	-0,99717902	0,404	0,574
	s41: İY	0,81	0,89	2	0,908222	3	0,890000	0,366	0,578
	s42: AÇ	0,88	0,93	1	1,000000	1	1,000000	0,356	0,490
	s43: RÇS	0,50	0,64	3	0,500000	2	0,962007	0,445	0,573

Tedarikçi-3 için normalleştirilmiş tedarikçi performansı

Ölçütler	Ölçütlerin bireysel önemliliği		Bulanık değerler				Normalleştirilmiş Tedarikçi Perf.	
							Tedarikçi-3	
$\alpha = 0$	T1: GTK		$\lambda =$	-0,998644	$\lambda =$	-0,999999	0,482	0,804
	s11: F	0,63 0,83	1	1,000000	1	1,000000	0,095	0,395
	s12: CK	0,52 0,81	3	0,993568	5	0,810000	0,420	0,835
	s13: K	0,91 0,99	4	0,985154	2	0,999995	0,465	0,535
	s14: MD	0,83 0,99	5	0,830000	4	0,997151	0,488	0,675
	s15: E	0,55 0,81	2	0,997847	3	0,999450	0,223	0,625
	T2: ÜK		$\lambda =$	-0,987732	$\lambda =$	-0,999991	0,486	0,639
	s21: TSY	0,83 0,99	3	0,830000	3	0,990000	0,488	0,640
	s22: GP	0,83 0,99	2	0,978650	2	0,999908	0,477	0,588
	s23: MİK	0,65 0,92	1	1,000000	1	1,000000	0,465	0,535
	T3: L		$\lambda =$	-0,965470	$\lambda =$	-0,999506	0,476	0,708
	s31: TP	0,86 0,95	2	0,860000	1	1,000000	0,477	0,535
	s32: P	0,83 0,99	1	1,000000	2	0,990000	0,475	0,710
	T4: İHD		$\lambda =$	-0,976115	$\lambda =$	-0,999548	0,404	0,661
	s41: İY	0,76 0,95	3	0,760000	3	0,950000	0,418	0,668
	s42: AÇ	0,86 0,95	2	0,982011	2	0,998076	0,378	0,553
	s43: RÇS	0,45 0,80	1	1,000000	1	1,000000	0,155	0,395
$\alpha = 1$	T1: GTK		$\lambda =$	-0,999560	$\lambda =$	-0,999976	0,504	0,739
	s11: F	0,70 0,78	1	1,000000	1	1,000000	0,148	0,338
	s12: CK	0,60 0,75	3	0,996841	5	0,750000	0,478	0,773
	s13: K	0,93 0,97	4	0,991559	2	0,999914	0,490	0,500
	s14: MD	0,88 0,95	5	0,880000	4	0,987517	0,507	0,644
	s15: E	0,60 0,67	2	0,998999	3	0,995897	0,260	0,570
	T2: ÜK		$\lambda =$	-0,995412	$\lambda =$	-0,99964448	0,500	0,604
	s21: TSY	0,88 0,95	3	0,880000	3	0,950000	0,500	0,607
	s22: GP	0,88 0,95	2	0,989153	2	0,997821	0,498	0,553
	s23: MİK	0,71 0,86	1	1,000000	1	1,000000	0,490	0,500
	T3: L		$\lambda =$	-0,98081576	$\lambda =$	-0,99624060	0,526	0,666
	s31: TP	0,88 0,93	1	1,000000	1	1,000000	0,493	0,503
	s32: P	0,88 0,95	2	0,880000	2	0,950000	0,530	0,675
	T4: İHD		$\lambda =$	-0,98578353	$\lambda =$	-0,99717902	0,441	0,609
	s41: İY	0,81 0,89	3	0,810000	3	0,890000	0,453	0,623
	s42: AÇ	0,88 0,93	2	0,986662	2	0,995010	0,406	0,505
	s43: RÇS	0,50 0,64	1	1,000000	1	1,000000	0,188	0,343

Ek 4 LP probleminin Microsoft Excel Solver kullanılarak çözümü

LP Problemi

$$\text{Max. TD} = 0,651X_1 + 0,648X_2 + 0,636X_3$$

ş.k.g.:

$$X_1 + X_2 + X_3 = 40000 \text{ (sipariş miktarı)}$$

$$0,04X_1 + 0,055X_2 + 0,045X_3 \leq 2000 \text{ (kalite kısıtı)}$$

$$8,05X_1 + 7,55X_2 + 8,4X_3 \leq 320000 \text{ (boyalı iplik fiyat kısıtı)}$$

$$19X_1 + 13X_2 + 9X_3 \leq 560000 \text{ (teslim süresi kısıtı)}$$

$$5X_1 + 6X_2 + 3X_3 \leq 200000 \text{ (kapasite kısıtı)}$$

$$5X_1 + 10X_2 + 2X_3 \leq 230000 \text{ (tolerans payı kısıtı)}$$

$$5X_1 + 12X_2 + 30X_3 \leq 600000 \text{ (aylık ziyaret sayısı kısıtı)}$$

$$X_{1,2,3} \geq 2500 \text{ (müşterilerin özel olarak belli tedarikçilerle çalışılmasını istemeleri)}$$

$$X_{1,2,3} \leq 30000 \text{ (müşterilere termini geçirmeden yanıt vermek ve}$$

$$X_i \geq 0, i = 1, 2, 3 \text{ siparişlerin tek bir tedarikçide yoğunlaşmaması için)}$$

Amaç

$$\text{Toplam Değer (TD)} = 25819,41$$

Karar Değişkenleri

X_1	14705,88	8,05	118382,4
X_2	13235,29	7,55	99926,47
X_3	12058,82	8,4	101294,1

Kısıtlar

X_1	14705,88	30000	2500
X_2	13235,29	30000	2500
X_3	12058,82	30000	2500
Sipariş	40000	40000	
Kalite	1858,824	2000	
Fiyat	319602,9	320000	
Termin	560000	560000	
Kapasite	189117,6	200000	
Tolerans Payı	230000	230000	
Ziyaret Sıklığı	594117,6	600000	

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	16.08.1979	
Doğum yeri	İstanbul	
İlkokul	1985-1990	Pilot Cengiz Topel İlkokulu
Ortaokul	1990-1994	Özel Kültür Lisesi
Lise	1994-1997	Özel Kültür Fen Lisesi
Lisans	1997-2001	Yıldız Teknik Üniv. Makine Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2001-2003	İstanbul Teknik Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Müh. Anabilim Dalı, Endüstri Müh. Programı
Doktora	2003-2009	Yıldız Teknik Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Müh. Anabilim Dalı, Endüstri Müh. Programı
Çalıştığı kurumlar		
	2004-Devam ediyor	Fikri Örme San. Tic. Ltd. Şti.