



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ENTROPİ İLE AĞIRLIKLANDIRILMIŞ SEZGİSEL
BULANIK MANTIK-GRİ İLİŞKİ ANALİZ TABANLI
TEDARİKÇİ SEÇİM MODELİ**

Figen KOYUNCU

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

Yrd. Doc. Dr. Numan ÇELEBİ

Mayıs, 2013

İSTANBUL

Bu çalışma 22/05/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Endüstri Mühendisliği programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



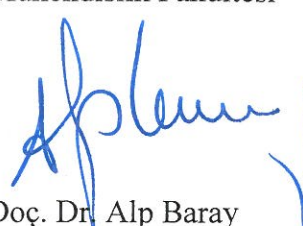
(Danışman) :Yrd. Doç. Dr. Numan Çelebi
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



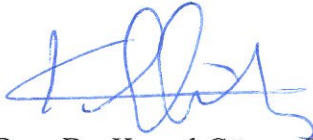
Prof. Dr. Şakir Esnaf
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Prof. Dr. Selim Zaim
Marmara Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi



Doç. Dr. Alp Baray
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Kemal Güven Gülen
İstanbul Ticaret Üniversitesi
Meslek Yüksek Okulu

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca verdiği emek ve gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Yrd. Doc.Dr. Numan ÇELEBİ'ye en içten dileklerle teşekkür ederim. Çalışmamı uyguladığım firmanın Tedarik Zinciri Departmanı çalışanlarına yardım ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca desteğini ve yardımını esirgemeyen arkadaşlarım Sevgi BALA, Esra AKGÜL, Alper ER'e ve hayatımda hep yanımda olan ve bana inanan aileme sonsuz teşekkürler sunarım.

Mart, 2013

Figen KOYUNCU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ	1
2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	2
2.1. TEDARİK ZİNCİRİ KAVRAMI	2
2.1.1. Tedarik Zinciri Yönetimi	4
2.1.2. Lojistik Kavramı	6
2.1.3. Tedarik Zincirinde İlişkiler.....	7
2.2. TEDARİK ZİNCİRİNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİ.....	8
2.2.1. Temel Satın Alma Karar Süreçleri.....	9
2.2.2. Satın Alma Karar Sürecinde Tedarikçi Seçimi.....	10
2.2.3. Tedarikçi Seçim Süreci	12
2.2.3.1. Problemin Tanımlanması	12
2.2.3.2. Karar Ölçütlerinin Tanımlanması ve Kombinasyonu	12
2.2.3.3. Potansiyel Tedarikçilerin Ön Seçimi	14
2.2.3.4. Son Seçim	15
2.2.4. Tedarikçi Seçiminde Tedarikçi Nitelikleri ve Sayısı.....	15
2.2.4.1. Tedarikçi Tipleri	16
2.2.4.2. Tedarikçi Büyüklüğü	17
2.2.4.3. Tek ya da Çok Sayıda Tedarikçi Kararı	17

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	19
4. ÖNERİLEN MODELDE KULLANILAN ARAÇLAR	24
4.1. BULANIK MANTIK	24
4.1.1. Bulanik Üyelik Fonksiyonları	25
4.1.1.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu	25
4.1.1.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu	26
4.1.2. Bulanik Kümelerde İşlemler	26
4.1.2.1. Kesişim (Ve-And) İşlemi	27
4.1.2.2. Birleşim (Veya-Or) İşlemi.....	27
4.1.3. Üçlü Bulanik Kümeler	28
4.2. GRİ TEORİ	29
4.2.1. Gri Belirsizlik	30
4.2.2. Gri İlişkisel Analiz	31
4.3. ENTROPİ-DAYALI AĞIRLIKLARIN HESAPLANMASI.....	34
5. ÖNERİLEN MODELİN ADIMLARI	36
6. VAKA ÇALIŞMASI VE MODELİN UYGULANMASI	44
7. DUYARLILIK ANALİZİ.....	59
8. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	63
KAYNAKLAR.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	67

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Tedarik zinciri süreci.....	4
Şekil 2.2	: Klasik tedarik zinciri	5
Şekil 2.3	: Tedarik zincirinde firmalar ve faaliyetleri	6
Şekil 2.4	: Önemli satın alma süreçleri.....	10
Şekil 4.1	: Üçgen üyelik fonksiyonu	26
Şekil 4.2	: Yamuk üyelik fonksiyonu	26
Şekil 4.3	: İki üçgen bulanık sayının kesişimi	27
Şekil 4.4	: İki üçgen bulanık sayının birleşimi	28
Şekil 5.1	: Önerilen tedarikçi seçim modelinin şematik yapısı	37
Şekil 5.2	: Interval-değer üçlü bulanık sayı.....	39
Şekil 6.1	: Tedarikçilerin sıralanması	58
Şekil 7.1	: Duyarlılık analizi ile tedarikçilerin sıralanması	61
Şekil 7.2	: Gerçek değerlerle-duyarlılık analizinin karşılaştırması	62

TABLO LİSTESİ

Tablo 5.1	: Oranlar için sözel değişkenlerin tanımları.....	38
Tablo 6.1	: Tedarikçi seçim tablosunda tedarikçi puan değerleri.....	46
Tablo 6.2	: Çoklu alt kriterli puanlandırma tablosu.....	47
Tablo 6.3	: Çoklu alt kriterlere bağlı alt toplanmaların puan tablosu.....	48
Tablo 6.4	: Karar matrisi.....	49
Tablo 6.5	: Aralık değerli kriterlerin bulanık sayıya dönüştürülmesi.....	49
Tablo 6.6	: Bulanık karar matrisi.....	50
Tablo 6.7	: Normalize edilmiş bulanık karar matrisi.....	51
Tablo 6.8	: Karşılaştırma değeri ve referans değeri arasındaki uzaklık matrisi .	52
Tablo 6.9	: Her bir satırdaki uzaklığın min ve max değerleri.....	53
Tablo 6.10	: Gri ilişkisel katsayı değerleri	54
Tablo 6.11	: Ağırlıkları normalizasyon matrisi	55
Tablo 6.12	: Gri ilişkisel dereceler	56
Tablo 6.13	: Olasılık matrisi	57
Tablo 7.1	: Duyarlılık analizi için ağırlık tablosu.....	59
Tablo 7.2	: Duyarlılık analizi için elde edilen gri ilişkisel dereceler matrisi.....	60
Tablo 7.3	: Duyarlılık analizi için olasılık matrisi.....	61

SEMBOL LİSTESİ

AHP	: Analitik hiyerarşi süreci
TZY	: tedarik zinciri yönetimi
MCDM	: çok kriterli karar verme
ANFIS	: uyarlamalı sinirsel-bulanık çıkarım sistemi
SWOT	: güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler
GİA	: gri ilişkisel analiz
ANP	: analitik ağ süreci
CBR	: durum-tabanlı tümevarım
DEA	: veri zarflama analizi
GA	: genetik algoritma
SMART	: çok kriterli kriter sıralama tekniği
G	: kriterlerin sonlu bir kümesi
E	: entropi
S	: tedarikçi
K	: kriter
W	: ağırlık
C	: kriter
A	: alternatif
VP	: çok zayıf
P	: zayıf
MP	: orta zayıf
M	:orta
MG	:orta iyi
G	: iyi
VG	: çok iyi
P	: olasılık matrisi
V_i	: optimal derece
α_e	: aitlik derecesi
$\chi_i^0(k)$	: i. seride k. sıradaki orjinal değer
$\chi_i(k)$	: normalizasyon sonrası i. seri k. sıradaki değer
ξ_{ij}	: gri ilişkisel katsayı
γ	: geometrik benzerliğin ölçütü
r_{ij}	: normalizasyon değeri
R_0	: referans serisi
δ_{ij}	: referans değeri ve her bir karşılaştırma değeri arasındaki uzaklık
Δ	: uzaklık matrisi
ζ	: ayırt edici katsayı
$\tilde{R}$	: normalize edilen karar matrisi
$\tilde{x}_{ij}$	: normalize edilen performans oranları

ÖZET

ENTROPİ İLE AĞIRLIKLANDIRILMIŞ SEZGİSEL BULANIK MANTIK-GRİ İLİŞKİ ANALİZ TABANLI TEDARİKÇİ SEÇİM MODELİ

Gelişen teknoloji ile pazarların küreselleşmesi ve ekonomik politikalarda istikrar sağlanması tedarik zinciri yönetiminde çeşitli değişimlere neden olmuştur. Bu değişimler firmaları, uygun tedarikçileri seçmek için var olan seçim stratejilerini ve yöntemlerini değiştirmek zorunda bırakmıştır.

Gri teori belirsizlik içeren sistemlerin matematiksel analizine imkan veren ve çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde kullanılan kriter ağırlıkları entropi yaklaşımı ile belirlenmiş ve daha sonra bu iki yöntem bulanık mantık altında birbirine entegre edilerek bir tedarikçi seçim modeli önerilmiştir. Önerilen modelin uygulama aşamaları, bir otomotiv fabrikasında belirlenen tedarikçiler ve seçim kriterleri kullanılarak adım adım gösterilmiştir.

SUMMARY

ENTROPY WEIGHTED INTUITIONISTIC FUZZY LOGIC-GREY RELATION ANALYSIS BASED SUPPLIER SELECTION MODEL

Supplier chain management underwent some changes, as a result of globalization of markets due to technological development and consistent economical policies. These changes forced the companies, to alter their strategies and methods, which they used to choose appropriate suppliers.

In this study, to choose suppliers, a selection model has been proposed by utilizing Entropy and Grey system theory, based on fuzzy logic. In this model, Grey system theory is a theory, which allows the mathematical analysis of systems containing uncertainty and is a method used in multi-criteria decision-making problems. In this study, weights of the criteria, which are used in Grey Theory, will be found by Entropy method, and these two methods will be integrated together under the fuzzy logic. Implementation stages of the proposed model will be shown step by step by using selection criteria and determined suppliers in an automotive factory.

1.GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile müşterilerin beklentileri sürekli değişmekte, bu ihtiyaçları karşılamak için firmalar stratejilerini her geçen gün değiştirmektedir. Bu değişim firmaları stratejik yeniliklere ve arayışlara sürüklemektedir. Bu değişimlerde firmalar ihtiyacı olan hammadde, yarı mamul ya da mamulleri iş birliği yaptığı firmalardan sağlayarak, müşterilerine zamanında istedikleri kalitede hizmet vermeyi amaçlamaktadır. Firmalar bu hizmeti alabilmek için ürünün talep edilmesinden müşteriye ulaşmasına kadarki süreçte bir zincir gibi çalışmaktadır. Global pazarda rekabetin etkisiyle tedarik zinciri kavramı önemli hale gelmektedir.

Tedarik zincirinin yönetiminde tedarikçi firmalar ile kurulan ilişkiler önemli bir yer tutmaktadır. Tedarikçilerin hizmet kalitesine önem vermesinin yanında sağlam ve iyi ilişkiler kurulması hem tedarikçilerin hem de alıcının işine yaramaktadır. Bu ilişkilerde alıcı baskın özellik gösterirken; tedarikçi, alıcıyı elinde tutmak için daha çok çaba sarf etmektedir. Bu yüzden alıcı tedarikçi ilişkilerinde tedarikçiler, alıcıların başka tedarikçilere kaymamasına önem vermektedirler.

Firmaların bulundukları pazarda önemli bir yere sahip olmaları için, bu süreçte tedarikçi seçimleri önem kazanmaktadır. Firmalar tedarikçilerini seçerken, işletmenin ihtiyaçlarını kabul edilebilir bir maliyetle sürekli karşılayan tedarikçilerini tanımlamalıdır ve belirli sabit ölçüt ve ölçüler kullanarak tedarikçilerini kıyaslamaktadır. Firmalar bu seçimi gerçekleştirirken sadece maliyeti göz önünde bulundurmamakta, kalite, teslimat performansı, esneklik gibi birçok faktörü göz önünde bulundurmaktadır. Tedarikçi seçimi aynı zamanda tedarik edilen ürünün seçimini de doğrudan etkilediğinden burada satın alma karar süreci de tedarikçi seçiminde önemli kararlardan biri olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada bir otomotiv firmasının belirlediği seçim kriterlerini göz önünde bulundurarak 10 tedarikçi arasında seçim yapılmıştır. Bunun için firmanın

tedarikçilerini seçerken kullandığı formda her bir kriterin çoklu alt kriterine çok zayıf (2), orta (6) ve çok iyi (10) değerleri verilmiştir. Firma formda bulunan tüm çoklu alt kriterleri her bir tedarikçi için değerlendirmekte ve (2), (6) ve (10) ölçütlerini kullanmaktadır. Çoklu alt kriterlere verilen değerlerin ortalaması alınarak kriter değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra değerlendirilen her bir tedarikçinin performans değerleri üçlü bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Dönüştürülen değerler için ilk olarak normalize edilen karar matrisi hesaplanmıştır. Normalize edilen karar matrisini bulduktan sonra referans serisi belirlenmiştir. Referans serisi belirlendikten sonra ki süreç ise karşılaştırma değeri ve referans değeri arasındaki uzaklıklar hesaplanmıştır. Bu işlemlerin sonrasinda Gri ilişkisel katsayı hesaplanmıştır. Gri ilişkisel derecenin tahmin edilmesi aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada, ağırlıkları hesaplayabilmek için Entropi yöntemi modele entegre edilmiştir. Tüm özellikler için ağırlıklar entropi yöntemi ile hesaplanmıştır. En son aşamada entegre edilen ağırlıklar ile her tedarikçi için gri ilişkisel derece belirlenmiştir. Son olarak da alternatiflerin sıralamasını yaparak uygulama tamamlanmıştır.

Bu çalışma yapılırken ağırlıkların seçimi ne kadar etkilediğini ölçmek için Duyarlılık (Sensitive) Analizi yapılmıştır. Burada rastgele ağırlıklar belirlenerek bu ağırlıklar modele entegre edilmiştir. Değişen ağırlıklara göre seçilen tedarikçinin farklı olduğu ve kriterlere verilen ağırlıkların tedarikçi seçimini etkilediği görülmüştür.

Bu tezin geri kalan kısmı şu şekilde organize edilmiştir. İkinci bölümde Tedarik zinciri ve tedarikçi seçimi ile ilgili temel kavramlar açıklanmıştır. Üçüncü bölümde literatür araştırması verilmiştir. Dördüncü bölümde önerilen modelde kullanılan araçlar (teknikler) sunulmuştur. Beşinci bölümde önerilen modelin adımları açıklanmıştır. Altıncı bölümde önerilen modelin gerçek bir tedarikçi seçim problemine uygulanması işlemleri verilmiştir. Yedinci bölümde duyarlılık analizi verilmiştir. Sekizinci bölümde sonuçlar verilerek tez tamamlanmıştır.

2.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Bu bölümde tedarik zinciri ve tedarikçi seçimi ile ilgili kavramlar açıklanmıştır.

2.1.TEDARİK ZİNCİRİ KAVRAMI

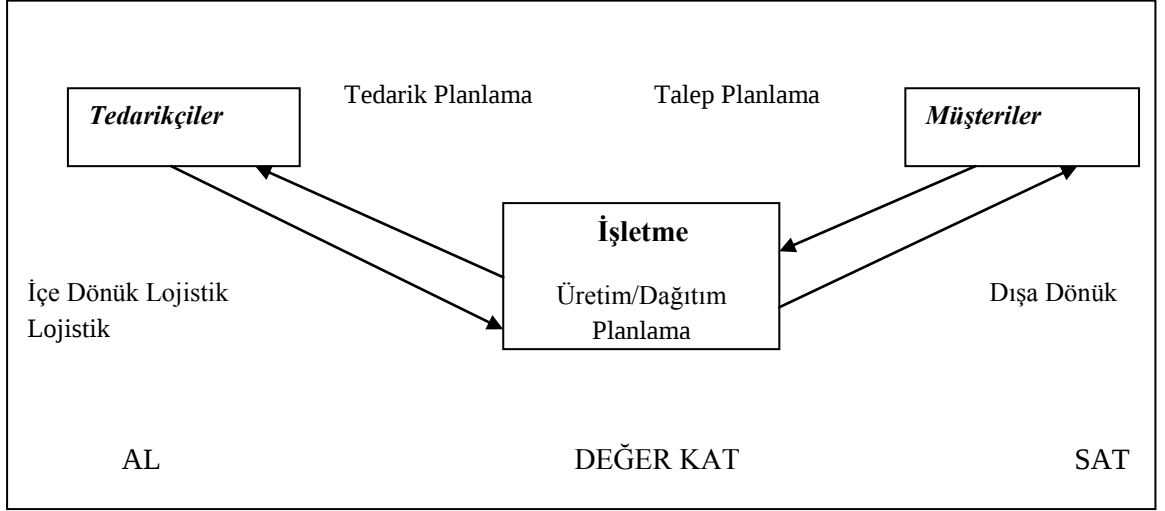
Son yıllarda hızla gelişen teknoloji ile birlikte pazarların küreselleşmesi, ekonomik politikalarda istikrarlı olunması gibi konularda büyük değişimler ortaya çıkmıştır. Bu değişimler firmaların kendi iç süreçlerini geliştirmesini, bulunduğu pazarda ayakta durabilmesi için kendilerini sürekli geliştirip yenilemesini zorunlu kılmıştır. Değişen bu süreçte müşterilerin beklentileri artmış ve firmalar müşteriye elde tutmak için stratejiler geliştirmeye başlamışlardır. Organizasyonlar bu beklentileri karşılayabilmek için güçlü tasarımların, üretimlerin, gelişmiş mühendisliklerin farkına varmıştır. Mevcut ürünlerin ve süreçlerin değişmesi, yeni ürün talepleri, müşteri beklentileri firmaların daha hızlı ve çevik olmasını gerektirmiştir. Üretim ve tasarımların gelişmesiyle firmalar tedarikçilerden sağlanan malzeme ve hizmetin, müşteri ihtiyaçlarını karşılamada büyük bir öneme sahip olduğunun farkına varmışlardır. Bu değişimler firmaları sadece kendilerini yönetmekle sınırlı bırakmamış, bu zincirde oluşan tüm süreçlerdeki yönetimde yer alması gerektiği sonucuna varmıştır. İşte tüm bu gelişmeler ile ‘‘Tedarik Zinciri’’ kavramı ortaya çıkmaktadır.

Tedarik Zinciri ihtiyaç duyulan ürün ya da hizmetin tedarikçiden müşteriye doğru hareketlerini kapsayan ve bu süreç içerisindeki örgütler, insanlar, teknoloji, faaliyetler ve kaynakların oluşturduğu sistemlerin bütününe verilen isimdir. Tedarik zinciri faaliyetleri sürecinde, üretimin her elemanını birbirine entegre eder. Yani doğal kaynaklar, hammaddeler ve bileşenler, nihai ürün haline getirilir ve son müşteriye teslim edilir. Ayrıca tedarik zinciri en düşük maliyet ve yüksek hız ile müşteriler ve tedarikçiler arasında bilgi ve malzeme akışını gerçekleştiren iş birliği organizasyonlarının küresel bir ağıdır. Tedarik zincirinin hedefi müşteri memnuniyetidir.

Tedarik Zinciri ürün ya da hizmetin tedarikçiden müşteriye doğru hareketlerini kapsayan bir süreç olarak tanımlanmıştır (Yüksel, 2002). Tedarik zinciri ilk olarak

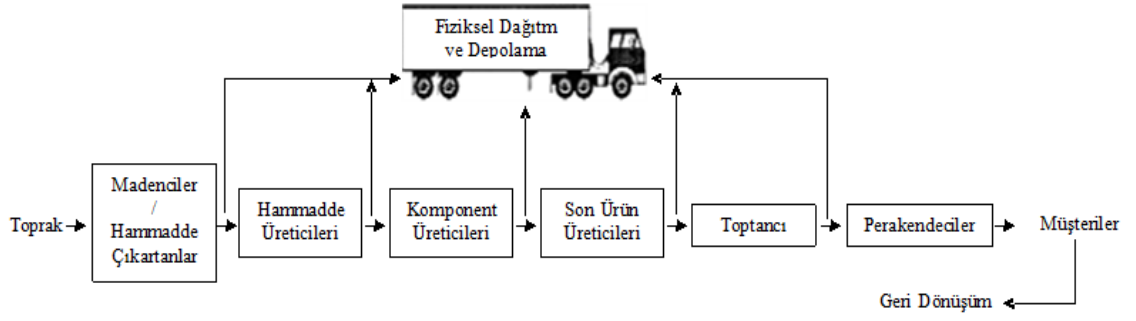
Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) müşteriye ürünün, doğru fiyatla, zamanında ve doğru yerde tüm tedarik zinciri için mümkün olan en düşük maliyetle ulaşmasını sağlayan malzeme, bilgi ve para akışının entegre yönetimidir. Bir başka deyişle zincir içinde yer alan temel iş süreçlerinin entegrasyonunu sağlayarak müşteri memnuniyetini artıracak stratejilerin ve iş modellerinin oluşturulmasıdır. Tedarik zinciri yönetimi için literatürleri incelediğimizde; TZY malzeme ve ürünlerin, temel ham madde arzından

nihai ürün aşamasına kadar olası geri dönüşüm ve yeniden kullanım dahil yönetimi kapsayan; firmaların tedarikçilerinin proseslerinden, rekabet avantajlarını destekleyecek teknoloji ve yeteneklerinden nasıl yararlanacağı üzerine odaklanan ve geleneksel işletme içi faaliyetleri, optimizasyon ve etkinlik ortak gayesi ile ticari ortaklıklar kurarak yayan bir yönetim felsefesidir (Özdemir, 2004).



Şekil 2.2: Klasik tedarik zinciri (Özdemir, 2004).

Şekil 2.2’de klasik tedarik zincirini göstermektedir. Burada müşteriden gelen talepler doğrultusunda işletmede üretime başlanmakta ve taleplere göre üretim planlaması yapılmaktadır. Planlama sonucu ortaya çıkan gereksinimler tedarik ağı kullanılarak tedarikçilerden temin edilir. Tedarikçilerden gelen malzemeler ile üretime başlanır ve dağıtım gerçekleştirilerek müşteriye gönderilir. Tedarik zinciri boyunca müşteriler, tedarikçiler ve üreticiler arasında bilgi ve malzeme akışı ile koordinasyon gerçekleştirilir ve bu süreçlerin kontrolü ve yönetimi sağlanır. Tedarik zinciri yönetimi bir organizasyon içinde, doğrudan tedarikçiler ile tedarik zincirinde yer alan müşterilerin iş faaliyetlerini ve ilişkileri yönetmektir. Ayrıca firmaların organizasyon içinde malzeme yönetim fonksiyonları, lojistik ve malzeme koordinasyonlarını ve rekabet avantajlarını artırmak için tedarikçilerinin süreçlerini teknolojilerini ve kapasitelerini nasıl faydalı hale getireceklerine de odaklanır. Lojistik ve malzeme koordinasyonu, tedarikçilerin süreçleri ile ilgili faaliyetleri bir değer, bunlardan oluşan bütüne de değer zinciri olarak tanımlanır.



Şekil 2.3: Tedarik zincirinde firmalar ve faaliyetleri (New ve Payne, 1995).

Şekil 2.3’de New ve Payne (1995) tarafından şekillendirilen bir değer zincirini içeren firmaları ve faaliyetlerini göstermektedir. Değer zinciri hammaddeleri çıkarma ile başlar, imalatçı, toptancı, perakendeci ve son kullanıcılara kadar gidişi kapsar. Uygun olan yerlerde, tedarik zinciri yönetimi ayrıca malzemelerin ya da ürünlerin yeniden kullanılmasını ya da geri dönüşümünü içine alır. Tedarik zinciri yönetimi ‘sanal ticaret’ varlıklarını birleştirerek değer zinciri içinde tüm faaliyetleri ele alır. Bu planlama ile ürün tasarımı, geliştirme, kaynak bulma, üretme, imal etme, birleştirme, ulaşım, depolama, dağıtım ve teslimat sonrası destek gibi faaliyetleri içerir (Hugos, 2011).

2.1.2.Lojistik Kavramı

Tedarik zinciri entegrasyonu ve lojistik zincirinin entegrasyonunda bu iki kavram birbirine çok yakın gibi görülseler de yapı olarak birbirlerinden farklıdırlar. Lojistik yeni bir kavram olmaktan çok zamanla gelişen ve içeriği değişen oldukça eski bir kavramdır. Lojistik; bilgi aktarma, stok, malzeme taşıma, depolama ve paketlemenin entegrasyonunu içerir. Lojistiğin sorumluluğu, hammadde, yarı mamul ve bitmiş mamulün ihtiyaç duyulan yerde ve mümkün olan en düşük maliyetle; coğrafik olarak konumlandırılmasıdır (Eleren, 2008)

Lojistik sadece, iki nokta arasında (tedarikçi-üretici veya üretici-müşteri arasında) tüm taşıma, depolama, gümrük vb. faaliyetlerin entegre şekilde yapılmasıdır. Tedarik zinciri yönetimi ise tedarikçinin tedarikçisinden, müşterinin müşterisine olan tüm faaliyetleri, üretimi de içine alacak biçimde yönetmektedir. Tedarik zinciri yönetimi, lojistik yönetiminden farklı olarak tedarik lojistiği, üretim ve dağıtım lojistiğini entegre bir şekilde yönetmektedir (Yüksel, 2002)

Lojistik ayrıca tek bir örgütün sınırları içinde olan faaliyetleri ele alırken tedarik zinciri ise pazarın bir ürün teslim etmesi için faaliyetlerini koordine etmesi ve birlikte çalışan firmaların ağını işaret etmektedir. Ayrıca klasik lojistik temin, dağıtım, bakım ve envanter yönetimi gibi faaliyetlere odaklanmaktadır. Tedarik zinciri yönetimi ise tüm klasik lojistiği kabul eder ve pazarlama, yeni ürün gelişimi, finans ve müşteri hizmeti gibi faaliyetleri içerir (Hugos, 2011)

2.1.3.Tedarik Zincirinde İlişkiler

Tedarik Zincirindeki firmalar büyüdükçe aralarındaki ilişkiler büyük önem kazanmaya başlamaktadır. Bu durum işletmelerin karlılığını ve müşteri memnuniyetini en iyi hale getirebilmek için ilişkilerin en üst düzeyde tutulmasıyla mümkün olur.

Tedarikçi ilişkileri üzerine Amerika ve Japonya da ki otomotiv firmaları (Honda ve Toyota) üzerine yapılan bir araştırmada ilişkilerin altı adımda izleyerek oluşturulduğu görülmüştür. Bu ilişkilerde ilk olarak tedarikçilerinin nasıl çalıştıklarını bilmeleri gerektiği, tedarikçinin rakip olgusunu fırsata dönüştürdüğü, tedarikçilerine göz kulak oldukları, yeteneklerini geliştirdiklerini, bilgilerini yoğun olarak fakat seçerek paylaştıklarını ve son olarak süreçlerini iyileştirmede yardımcı olduklarını söylemişlerdir (Liker, Choi, 2007).

Tedarikçi ilişkilerinde firmaların ortakların operasyonları ve kültürleri hakkında bilgilere sahip olması ilişkilerinin daha uzun dönemli olmasını sağlamaktadır. Ford (1998) alıcı tedarikçi ilişkileri çoğu zaman uzun dönemli olduğunu ve her bir firma içinde ve arasında iş birliği düzeyine aldırmadan karmaşık modellerin etkileşimini içerdiğini söylemiştir (Saccani ve Perona, 2007). Özellikle rekabetçi iş çevresinde ana tedarikçi ile uzun dönemli ilişkilerin ilerlemesi, maliyetin azaltılması, kalitenin geliştirilmesi ve müşterilerin hızlı cevap verebilme ya da esnekliğini artırma bir yana firmaların üstün başarı performansına yardım eder. Ayrıca tedarikçilerin sistemleri ve kapasitelerinin yüksek seviyede koordinasyonu maliyeti, kalite ve çevrim zamanı üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Prajogo, Chowdhury, Yeung ve Cheng, 2011). Tedarikçi ilişkilerinde maliyetlerin azaltılması, kalitenin geliştirilmesi, müşterilere hızlı cevap verilmesi vb gelişmeler küresel pazarda rekabeti arttırdığı gibi dalgalanan pazarlara ve hizmetlerin kalitesine de önem vermektedir.

2.2. TEDARİK ZİNCİRİNDE TEDARİKÇİ SEÇİMİ

Dünyadaki rekabet ortamında firmalar birbirleri ile işbirliği içinde olmalıdır. Artan rekabet ile firmalar üretimde en iyi olduğu malzemeleri üretmeye yönelmekte, satın alınan parçaların sayısı artmakta ve buna bağlı olarak tedarikçilere bağımlılık daha da artmaktadır. Tedarikçilere artan bağımlılık tedarikçi seçiminin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Tedarikçi seçiminin amacı, işletmenin gereksinimlerini kabul edilebilir bir maliyetle sürekli karşılayan yüksek potansiyelli tedarikçilerin tanımlanmasıdır. Seçim, belirlenmiş sabit ölçüt ve ölçüler kullanarak tedarikçilerin geniş bir karşılaştırmasına dayanmaktadır. Bununla birlikte, işletmenin gereksinimlerine bağlı olarak potansiyel tedarikçilerin araştırılmasındaki detay düzeyi değişebilir (Supçiller, Çapraz, 2011).

Tedarikçi seçimine yönelik olarak yapılan ilk çalışmalar önemli ölçüde maliyet olmak üzere tek bir faktörü dikkate alırken son yıllarda yapılan çalışmalarda kalite, teslim performansı, esneklik gibi birçok faktör tedarikçi seçim sürecinde kullanılmıştır. Weber ve arkadaşları tarafından 1991 yılında tedarikçi seçim problemine yönelik olarak yapılan literatür çalışmasında mevcut 74 çalışmanın 47 sinde birden fazla faktör kullanıldığı belirtilmiştir. Tedarikçi seçimi, karar verme sürecinde stratejik ve organizasyonel faktörler ile ölçülebilen ve ölçülemeyen birçok alt faktörün dikkate alınmasını ve karar verme sürecine birden fazla kişinin dahil edilmesini gerektiren zor bir karar problemidir (Dağdeviren ve diğerleri, 2005).

Tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi ürünlerin kalite özelliklerini geliştirirken piyasa zamanı ve maliyetleri azaltmada önemli bir rol oynar. Tüm bunlar üretim maliyetlerini ve üretim teslim süresini etkiler. Birkaç teknik ve model tedarikçinin seçimi ve değerlendirilmesi için kullanılabilmesine rağmen, her bir teknik farklı durumlar altında kısıtlamalara ve kendi gücüne sahiptir (Aksoy ve Öztürk, 2010)

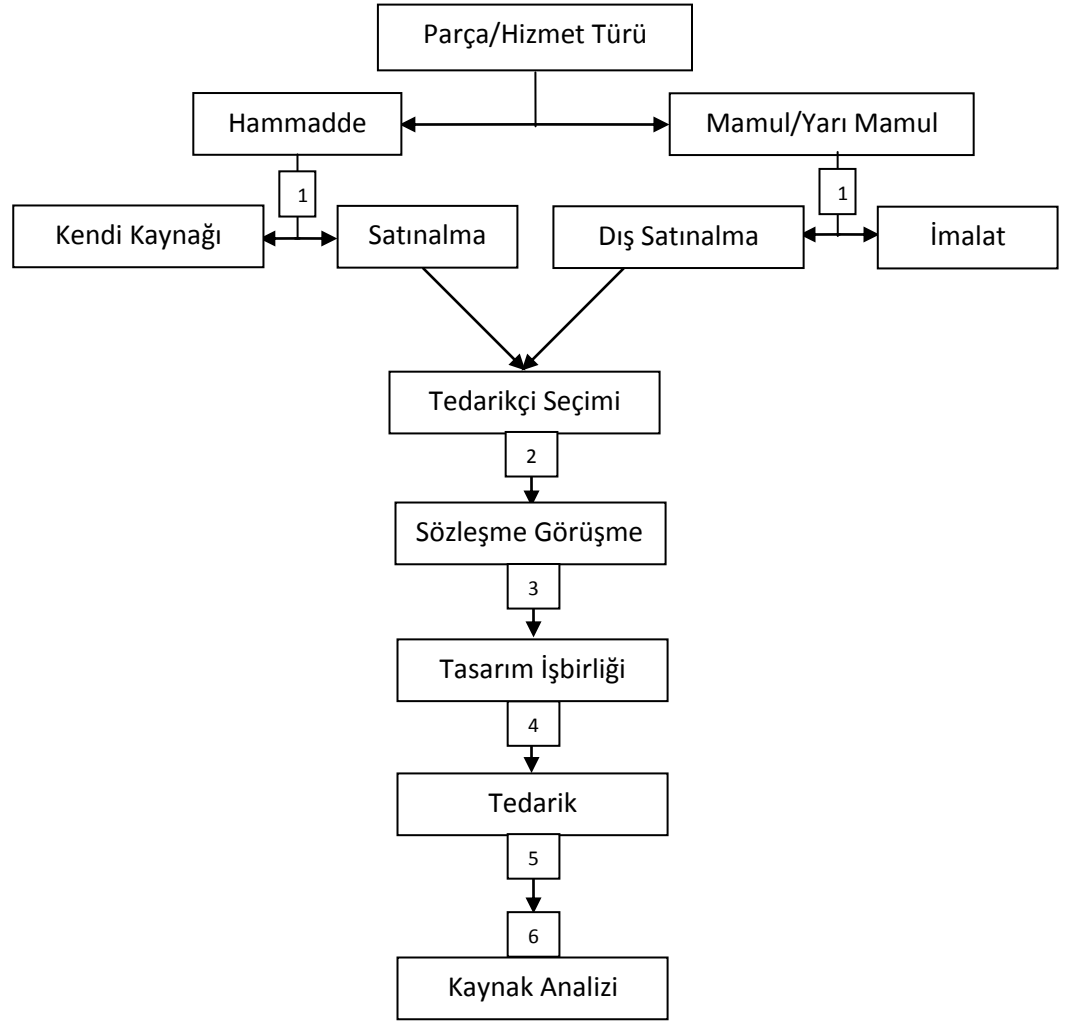
İşletme olası tedarikçileri seçmek için her tedarikçinin gereksinimleri maliyet etkili ve sürekli olarak karşılayabilme yeteneğini uygun ölçütlerle değerlendirir. Değerlendirmede kullanılan ölçütler tüm tedarikçilere uygulanabilecek şekilde

geliştirilmeli ve işletmenin gereksinimleriyle birlikte tedarik ve teknolojik stratejilerini de yansıtmalıdır. Gereksinimleri yararlı ölçütlere dönüştürmek kolay değildir, çünkü gereksinimler genelde niteliksel kavramlarla ifade edilirken, ölçütler niceliksel değerlendirilebilen belirli isteklerdir. İşletmeler ölçüler belirlerken aynı zamanda kullanım kolaylığından dolayı seçimde kullanılan ölçütleri de belirler. Ancak, geliştirilen ölçütler, zaman zaman ölçüler ile bir sonraki basamakta örtüşür. Bu ölçütün tip ve sayısıyla birlikte mevcut verinin tipini inceleme olanağı vermektedir. Bununla birlikte, ölçüt ve ölçüsü olmadan bilgi toplamak konu dışı çabaya neden olabilmektedir (Kağnıcıoğlu, 2007).

2.2.1. Temel Satın Alma Karar Süreçleri

Bugünün sert rekabetçi ortamında, kaliteli ürünler ve kısa termin zamanları için düşük kar marjları, yüksek tüketici beklentileri ile karakterize edilen firmalar, iş süreçlerini optimize etmek için çeşitli karar süreçlerinden yararlanırlar. Burada altı önemli karar süreci bulunmaktadır. Bunlar yap ya da sat, tedarikçi seçimi, sözleşme görüşmesi, tasarım iş birliği, tedarik ve kaynak analizidir.

Şekil 4 karar alma süreçlerini göstermektedir. Şekilde dış satın alma kavramı bitmiş ya da yarı bitmiş ürünün tedariki için, satın alma kavramı ise hammaddenin tedariki için kullanılmaktadır (Aissaoui ve Diğerleri, 2006).



Şekil 2.4: Önemli satın alma süreçleri (Aissaoui, vd., 2006).

2.2.2. Satın Alma Karar Sürecinde Tedarikçi Seçimi

Satın alma karar sürecinde tedarikçi seçimi önemli kararlardan biri olarak ortaya çıkmaktadır. Tedarikçinin seçimi aynı zamanda tedarik edilen ürünün seçimini de doğrudan etkilemektedir. Bu durumda istenilen özelliklerde ürün tedarik eden tedarikçinin verimliliği ve kalitesi de önemli konulardan biri olmaktadır. Satın alma kararlarında göze çarpan iki görüş açısı bulunmaktadır:

Birinci görüşe göre, mükemmel ürün kalitesi ve müşteri memnuniyeti sağlanırken, ürün maliyetini düşürmek için en önemli satın alma süreci az sayıda, güvenilir ve yüksek kaliteli tedarikçileri seçmek ve yakın ilişki içinde bulunmaktır.

İkinci görüşe göre ise, satın alma kararlarının verilmesinde, özellikle uygun tedarikçilerin tanımlanması ve onlar arasında sipariş verme alanlarında sistematik bir yaklaşıma çok fazla gereksinim bulunmaktadır. Başka bir deyişle, daha fazla sayıda tedarikçi arasında siparişlerin etkin paylaşılması, hem maliyetleri azaltacak hem de müşteri memnuniyetini artıracaktır (Kağnıcıoğlu, 2007).

Tedarikçi seçimi yukarıda belirtilen kararların niteliklerini dikkate almaktadır. Aissaoui ve diğerleri (2006) tedarikçi seçim problemi ile ilgili olarak üç temel kararın olduğu satın alma görüşünü ortaya koymuştur.

Hangi ürün sipariş verilecek? İşletmelerin büyük kısmı tek bir ürün için tedarikçi seçimi yapmaktadır. Farklı ürünler arasında bulunabilen çeşitli bağımlılıklar göz önüne alınmamaktadır. Örnek vermek gerekirse, tedarikçi ürün çeşidi önemli olmadan sipariş miktarının büyüklüğüne göre özel indirimlerde bulunabilir. Sipariş maliyetleri bir tek sipariş içine çeşitli siparişleri birleştirerek minimize edilebilir. Ayrıca, işletmeler bir tedarikçiye birden fazla ürün çeşidi siparişi verseler bile bunları tek tek ele alıp değerlendirme yoluna gidebilir.

Ne miktarda ve hangi tedarikçiden sipariş verilecek? Temel olarak, iki tip satın alma durumu söz konusudur: tek tedarikçi ve çok tedarikçi. İlk alternatif ile nicelik, kalite, teslimat açısından alıcıların cevaplarını karşılar. Buna bağlı olarak verilmesi gereken karar sadece en iyi tedarikçiyi belirlemektir. İkinci alternatif olarak tek bir tedarikçiye bağlı olmanın riski (tedarikçinin kapasitesi, kalitesi, teslimatı, fiyatı vb kısıtlamalardan dolayı) azaltmak için birden çok tedarikçi ile çalışılır. Bu durumda verilmesi gereken karar tedarikçi seçimi ve her bir tedarikçiye ayrılan sipariş miktarıdır.

Hangi dönemlerde sipariş verilmelidir? Tedarikçi seçimi ve stok miktarı birbiriyle ilişkilidir. Tedarikçi seçimi ile birlikte verilecek siparişlerin programlanması planlama döneminde maliyetlerin azalmasını sağlamaktadır. Bir den çok planlama dönemi göz önüne alındığında bir ya da daha fazla sayıda tedarikçi her bir dönem için seçilebilir. Ayrıca, taşıma maliyetine katlanarak siparişler diğer dönemlere taşınabilir. Ekonomik sipariş miktarı da maliyeti azaltmak için tedarikçi seçiminde ve sipariş miktarında göz önüne alınabilir (Aissaoui ve Diğerleri, 2006).

2.2.3. Tedarikçi Seçim Süreci

Tedarik zinciri içinde satın alma karar süreci önemli kararlardan biridir. Buna bağlı olarak, tedarikçi seçimi de yukarıda söz edildiği gibi satın alma karar sürecinin önde gelen basamaklarından biri olurken aynı zamanda tedarik zinciri içinde bulunmaktadır. Tedarik seçim süreci genel olarak aşağıdaki basamaklardan oluşmaktadır:

- Problemin tanımı,
- Karar ölçütlerinin tanımlanması ve kombinasyonu,
- Potansiyel tedarikçilerin ön seçimi,
- Son seçim.

2.2.3.1. Problemin Tanımlanması

Ürün yaşam döngüsünün günümüz pazar koşullarından giderek azalmasına bağlı olarak, işletmeler ürün yelpazesini değiştirmek ya da artırmak ve belli dönem aralıklarında pazara yeni ürünler sunmak zorundadırlar. Yeni ürün üretiminde de yeni ham madde ve parçalar gerekebilir. Bu nedenle işletmeler, tedarikçi seçimine öncelik vermek ve yeni tedarikçiler seçmek durumundadırlar. Diğer taraftan, işletmelerin tedarikçileri ile ilişkilerinde, tam zamanında üretim satın alma şartlarında olduğu gibi, oluşturulan sıkı ilişki, ortaklığa ya da imtiyazlı tedarikçi ilişkisine neden olabilmektedir. Bu nedenle, karar vericiler satın alma koşullarına bağlı olarak değişik kararlar alabilirler. Seçilecek tedarikçiler işletmenin geleceğinde önemli roller oynayacak ve etkili olacaklardır. Buna bağlı olarak, doğru seçimi yapabilmek için satın alma süreci, tedarikçinin seçilmesinin sağlayacağı katkıların belirlenmesi ile başlamalıdır.

2.2.3.2. Karar Ölçütlerinin Tanımlanması ve Kombinasyonu

Tedarik zincirinde doğru tedarikçiyi seçmek için birçok faktörden etkilenmektedir. Bu karmaşıklığın en büyük nedeni kararın çok ölçütlü yapıda olmasıdır. Tedarikçi seçiminde kullanılacak ölçütler bu süreçte önemli bir yer tutmakta ve çok sayıda değişik ölçüt kullanılabilmektedir. Bu ölçütler içinde en önemli olarak görülenler arasında kalite, maliyet ve teslimat performansı bulunmaktadır. Tedarikçi seçiminde kullanılan ölçütler kültürden kültüre de farklılık göstermektedir. Tedarikçi değerlendirilmesi ve seçilmesinde kullanılan ölçütler için yapılan en kapsamlı ve yaygın olarak kullanılan çalışmalardan birisi de Dickson (1966) tarafından yapılan çalışmadır. Dickson, bu çalışmada tedarikçi seçiminde kullanılabilecek 23 ölçüt belirlemiştir.

Genelde objektif ve subjektif olmak üzere iki temel ölçüt tedarikçi seçiminde kullanılmaktadır. Objektif olanları maliyet gibi kesin nicel ölçütler ile ölçülebilir. Ancak tasarım kalitesi gibi olanların ölçülebilme olanağı çok kısıtlıdır. Karar vermeyi güçleştiren diğer bir konuda, bazı ölçütlerin birbiriyle çatışmasıdır. Tedarikçinin önerdiği maliyet en az olmasına rağmen kalitesi iyi olmayabilir, ya da en iyi kaliteyi sunan tedarikçi teslimatı zamanında yapmayabilir. Bu nedenle, en iyi tedarikçiyi seçerken çatışan somut ve soyut faktörlerin karşılaştırılarak ödünleşme yapılması gereklidir. Bazı modeller de bir ölçütün kötü performansı başka bir ölçütün çok iyi performansı ile dengelenerek değerlendirmeye alınır. Bununla birlikte, bazı modellerde de her bir ölçüt için istenen minimum değerler bulunabilmektedir.

Tedarikçiler hakkında daha derinlemesine araştırma yapılmaya karar verilmesi durumunda, kalite, maliyet ve teslimat performansı yeterli olmamaktadır. Bu durumda aşağıdaki ölçütler de kullanılabilmektedir.

- *Tedarikçi Yönetim yeteneği:* Değerlendirilmesi önemli konulardandır, çünkü yönetim işi yürütür ve tedarikçinin gelecekteki rekabetini etkileyecek kararları alır.
- *Genel Performans Yeteneği:* Burada yönetimde olmayan personelin değerlendirilmesi gereklidir. İyi eğitilmiş, istikrarlı ve motive olmuş bir iş gücünün sağlayacağı fayda göz ardı edilemez.
- *Maliyet Yapısı:* Tedarikçinin toplam maliyet yapısının anlaşılması, alıcı işletmenin tedarikçinin bir ürünü nasıl verimli üretebileceği konusunda bilgi sahibi olmasına yardımcı olur. Aynı zamanda, maliyet analizi, maliyet geliştirme potansiyel alanlarının tanımlanmasına yardımcı olur.
- *Toplam Kalite Performansı, Sistemleri ve Felsefesi:* Değerlendirme sürecinin önemli bir parçası tedarikçinin kalite yönetim süreçleri, sistemleri ve felsefesini işaret eder.
- *Tedarikçinin Tasarım Yeteneğini İçeren Süreç ve Teknolojik Yetenek:* Tedarikçinin kullandığı üretim süreci, istenen teknoloji, insan kaynakları yeteneği ile sermaye ve donanım isteklerini tanımlamada yardımcı olur.

- *Çevresel Düzenlemelere Uyum:* Alıcı işletmeler, satın aldıkları ürün ile ilgili olarak halkla ilişkiler ve potansiyel sorumluluk açısından bilinen çevresel kirleticiler ile ilişkilendirilmek istememektedirler.
- *Finansal Yetenek ve İstikrar:* Alıcı işletmelerin bir kısmı finansal değerlendirmeyi tedarikçilerin detaylı değerlendirilmesinden önceki bir koşul ya da gözlem süresi olarak görmektedir.
- *Tedarikçi Teslimat Performansını İçeren Üretim Programlama ve Kontrol Sistemleri:* Üretim programlama ve kontrol sisteminin değerlendirilmesinin ardındaki amaç tedarikçinin programlama ve üretim süreci üzerindeki kontrol derecesini belirlemektedir.
- *Bilgi Teknolojilerini kullanma Yeteneği (bar kodlama, elektronik veri değişimi, CAD/CAM gibi):* Tedarikçinin bu teknolojileri kullanması yeni e-ticaret teknolojileri ile teknolojiyi izlediğinin bir kanıtıdır.
- *Tedarikçi Satın Alma Stratejileri, Politikaları ve Teknikleri:* Bu ölçütler bir anda göz önüne alınırsa, tedarikçi tedarik zincirinin anlaşılması ve derinden incelenmesi daha kolay olmaktadır.
- *Uzun Dönemli İlişki Potansiyeli:* Tedarikçinin uzun dönemli ilişki kurma isteği ve işbirliği ile ortaklık olasılıklarının belirlenmesi sonucunda bu ölçüt değerlendirme sürecinin gittikçe artan bir şekilde parçası olmaktadır.

2.2.3.3. Potansiyel Tedarikçilerin Ön Seçimi

Günümüz Pazar koşullarında çok tedarikçi ile çalışmak giderek zorlaştığı için işletmeler az sayıda tedarikçi ile çalışmayı tercih etmektedir. Bu nedenle, bu basamakta amaç, verimsiz tedarikçileri eleyerek seçimi az sayıda tedarikçi arasından yapabilmektir.

Tedarikçi seçiminde yapılan ön seçimde, en önemli ölçüt belirlenmekte ve tüm tedarikçiler bu ölçüte göre değerlendirilmektedir. En iyi ölçüt değerine sahip tedarikçi

seçilmektedir. Eğer yok ise, ikinci en iyi ölçüte göre değerlendirme yapılmakta ve tedarikçiler belirlenmektedir.

Ön seçimde kullanılabilecek diğer bir yöntem de kümeleme analizidir. Kümeleme analizi ile tedarikçiler bir grup sayısal nitelik skoruna göre sınıflandırarak, karşılaştırılabilmektedir. Böylece, bir küme içindeki tedarikçilerin performans farklılığı en az olurken kümelerin farkı en fazla olmaktadır. Kümeleme analizi potansiyel tedarikçilerin ön seçiminde önemli bir araç olmaktadır. Başka bir deyişle, iyi olarak nitelenebilecek tedarikçilerin önceden elenmesini engelleyen bir yöntemdir.

Tedarikçi seçiminde hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, dikkat edilmesi gereken en önemli konu en zayıf tedarikçilerin elenerek zaman kaybının önlenmesi sağlanırken, aynı zamanda seçilme olasılığı yüksek tedarikçilerin elenmesinin önlenmesidir.

2.2.3.4. Son Seçim

Tedarikçi seçiminde odaklanılan konu tüm gereksinimleri sağlayacak tedarikçi karışımını seçmektir. Tedarik edilmesi gereken her şeyin eksiksiz olarak belirlenerek, bunları sağlayacak olan tedarikçilerin hepsinin birden seçilmesi gereklidir. Bu nedenle, bu basamakta sistem kısıtları ile birlikte nicel ve nitel tüm ölçütler göz önüne alınarak en son tedarikçiler tanımlanır ve siparişlerin bu tedarikçiler arasında dağıtımı yapılır (Kağnıcıoğlu, 2007)

2.2.4. Tedarikçi Seçiminde Tedarikçi Nitelikleri ve Sayısı

Tedarik zinciri yönetimi kapsamında tedarikçi seçimi yapılırken,

- Tedarikçinin tipi,
- Tedarikçinin büyüklüğü,
- Tek ya da çok sayıda tedarikçi seçimi

Önceden verilmesi gereken kararlarlardır. İşletme tarafından önceden belirlenen ölçütlere göre yapılan tedarikçi seçiminde bu kararlar doğrudan etkilidir. Ayrıca, bu kararlar alınırken alıcı işletme olanakları ve koşulları da göz önünde bulundurulmalıdır.

2.2.4.1. Tedarikçi Tipleri

İşletmeler açısından tedarikçiler temel elemanlardan biri olurken, tedarikçilerin tanımlanma ve seçilme süreci de önemli bir konu olarak ortaya çıkmaktadır. Tedarikçiler bazen satış temsilcileri aracılığı ile alıcı işletmelerle temas kurarlar, fakat sıklıkla alıcı işletmeler ticari tanıtımlarda, toptancı yerlerinde, fuarlarında, alıcı işletme rehberlerinde, endüstri temaslarında, sarı sayfalarda ve ticari dergilerde yer almaktadır.

Tedarikçi seçimini iyi yapabilmek için tedarikçi tipleri iyi bilinmelidir. Tedarikçiler genel olarak dört kategoriye ayrılmaktadırlar:

- Üreticiler,
- Dağıtıcılar,
- Bağımsız esnaflar (el sanatçıları, meslek sahipleri),
- İthalat kaynakları.

Birinci kategoride üreticiler bulunmaktadır. Perakendeciler, değişik işletmelerin satılacak ürünlerini, işletme satış elemanları ya da bağımsız acenteler aracılığı ile satın alırlar. Genelde fiyatlar çok düşüktür; ancak perakendecinin yerleşim yeri taşıma maliyetlerini, dolayısıyla fiyatı artırabilir.

İkinci kategoride tedarikçiler, dağıtıcılar ya da diğer bilinen adıyla toptancılarıdır. Bu tip tedarikçiler değişik üreticilerden çok miktarda ürünü alarak perakendecilere satmak için depolarlar. Üreticilere göre fiyatları yüksek olmasına rağmen aynı ürünün değişik üreticiler tarafından üretilen çeşitlerini perakendecilere sunarlar ve perakendeciler değişik ürünlerden az miktarda alabilirler. Perakendeciye yerleşim olarak yakın bir dağıtıcının kullanıldığı durumlarda ulaştırma maliyetinin düşük olması ve talebe hızlı yanıt alınabilmesi, fiyattaki yüksekliği dengeleyebilmektedir.

Üçüncü tip tedarikçiler, özel, eşit olmayan ürünlerin dağıtımını yapan bağımsız esnaflardır. Bu tip tedarikçiler, genelde maliyeti normal ürünlere göre pahalı ve özel ürünlerin dağıtıcılarıdır. Bu tedarikçiler ürünlerini satış temsilcileri ile ya da ticari fuarda ve sergilerde satmaktadır.

Son tip tedarikçiler, birçok perakendecinin ithal ürünlerini satın aldığı yerel toptancılar gibi hareket eden ve ithalatçı olan ithalat kaynaklarıdır. Bu tip tedarikçiler yurt dışına seyahat edip değişik ürünler satın almayı seven ithalatçılarda olabilir.

2.2.4.2.Tedarikçi Büyüklüğü

Tedarikçinin küçük, orta ya da büyük olması alıcı işletmenin büyüklüğüne bağlıdır. Gereksinimlerin büyüklüğü ve tipi de bu yanıtı etkilemektedir. Genel olarak, gereksinim ne kadar büyük ise tedarikçi büyüklüğü de o kadar büyük olmalıdır, şeklinde genel bir düşünce bulunmaktadır. Küçük tedarikçiler yerel tedarikçilerdir ve esneklik, hızlı yanıt verebilmek ve mevcudiyet, fiyattan daha önemlidir. Daha büyük tedarikçiler, yüksek hacimli gereksinimleri karşılamak için daha uygundur ve teknoloji, kalite ve toplam maliyet önemli konulardır. Orta büyüklükteki tedarikçiler, ikisinin arasında kalmaktadır. Ancak, bunlarla ilgili genellemeler yapmak, çok sayıda istisnalar olduğu için zordur.

Küçük tedarikçiler geleneksel olarak daha fazla bağlılık gösterir ve büyük işletmelere göre hizmetleri daha önemli olmaktadır. Küçük tedarikçilerde tüm kararlar sahibi tarafından verildiği için o kişinin sağlığı ve tutumu işletmeyi doğrudan etkilemekte ve alıcı işletmeler açısından risk oluşturmaktadır. Oysaki büyük tedarikçiler tek bir kişiye dayanmaz, daha istikrarlıdır ve günlük tedarikçi performans riski daha azdır.

2.2.4.3. Tek ya da Çok Sayıda Tedarikçi Kararı

Tek ya da çok sayıda tedarikçi kararı tedarikçi seçimini etkileyen önemli kararlardan biridir. Burada tek tedarikçi ile söz edilen belirli bir hammadde ya da parçanın tek bir tedarikçiden alınmasıdır. Başka bir deyişle, işletmenin gereksinimi olan tüm malzemenin tek bir tedarikçiden alınması anlamı çıkarılmamalıdır. Başarılı Japon işletmeleri incelendiği zaman, işletmelerin büyük bir kısmının tek tedarikçi ile çalıştığı görülmektedir. Bununla birlikte, tek tedarikçi ile çalışmak geleneksel uygulama ile çatışmaktadır. Geleneksel uygulamada birçok tedarikçi ile çalışmanın olumlu yönlerinden söz edilmektedir.

Tek tedarikçi ile çalışmanın en önemli yönü karşılıklı güven ve dayanışma, geleceği beraber planlayabilme kolaylığı, uzun dönemli stratejik bir ortaklık kurabilme olasılığı ve sipariş miktarını artırarak indirim elde edebilmektedir. Tek tedarikçi ile çalışmanın olumsuz yönleri arasında rekabetin olmamasından dolayı alıcı işletme açısından

tedarikte aksamalar gerçekleşmeye başlayabilmesi, tedarikçi önemli bir sorun ile karşılaştığı zaman alternatif tedarikçiler bulmada risk, teknolojik gelişmenin yavaşlaması, çok fazla kontrol ve tedarikçi kimliğinin olmaması sayılabilir.

İşletmeler tek tedarikçi ile çalışmanın getirdiğı riskleri azaltmak amacıyla uzun dönemde ikinci bir tedarikçi alternatifi her zaman göz önünde bulundurulmalı ve bununla ilgili hazırlıklarını da mutlaka yapmalıdırlar. Tek tedarikçi ile ilgili ortaya çıkan aksaklıklarda alternatif tedarikçi hemen uygulamaya koyulmalıdır. Tek tedarikçi ile çalışan işletmeler tedarikçileri ile geniş işbirliğine girerek, tedarikçilerini yeni teknolojiler ve ürün kalitesini geliştirme konularında yatırım yapmaya özendirmelidirler (Kağnıcıoğlu, 2007).

3.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürleri incelediğimizde tedarikçi seçimi üzerine birçok farklı modelin kullanıldığı çalışmalar vardır. Bu bölümde bazı genel tedarikçi seçim modelleri ile ilgili literatür araştırmaları verilmiştir.

Ho, Xu ve Dey çalışmalarında tedarikçi seçmek için çeşitli karar verme yaklaşımlarının olduğunu belirtmişlerdir. Tedarikçi seçimi için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Analitik Ağ Süreci (ANP), Durum-Tabanlı Tümevarım (CBR), Veri Zarflama Analizi (DEA), Bulanık Küme Teorisi, Genetik Algoritma (GA), Matematik Programlama, Çok Kriterli Kriter Sıralama Tekniği (SMART) ve onların birbirine olan entegreleri gibi yöntemleri çalışmalarında önermişlerdir (Ho, Xu ve Dey 2009).

Bayazıt ve Karpak (2005) tedarikçi seçim problemlerinde bir karar aracı olarak AHP modelini uygulamışlardır. Ele aldıkları bu çalışmada bir inşaat firması için en iyi tedarikçi seçebilmek amacıyla kapsamlı bir AHP modeli uygulamışlardır. Satıcıları değerlendirirken 64 nitel ve nicel faktörü birleştirerek çoklu kriterde seçim modeli önermişlerdir.

Ordoobadi (2009) çalışmasında bulanık mantık altında tedarikçi seçimi yapmıştır. Bu çalışmasını yaparken ilk olarak tedarikçi özelliklerini karar vericilerin bakış açılarıyla hazırlamış ve tanımlamışlardır. Karar vericilerin öznellikleri ile tercihlerini ifade etmek için sözel ifadeleri kullanılmıştır. Elde edilen tercihler seçim kriterlerinin değerlendirildiği seçim sürecinde girdiler olarak kullanılmış ve tedarikçilerin performansı ölçülmüştür. Bu işlemler bulanık küme teorisi uygulayarak gerçekleştirilmiştir. Her bir potansiyel tedarikçi için bulanık puanlar hesaplanılmış ve sıralama yapmak için net değere dönüştürülmüş. En yüksek değere sahip tedarikçi seçilmiştir.

Zeshui ve Hui (2009) verilen sezgisel bulanık matris ve normalize edilen değer matrisinden özellik ağırlıklarını sağlamak için entropiye dayalı proses geliştirmiştir. Bu proseste daha önceden tanımlanamayan özellik ağırlıklarında, sezgisel bulanıklığın çok kriterli karar verme problemlerine değinmişlerdir.

Labib (2010) çalışmasında AHP ve Bulanık Mantık ile nümerik ölçümlerle ifade edilemeyen insan değerlendirmelerindeki sözel ifadeleri ele almaktadır. Yazar Ordoobadi'nin (2009) özneliğini yakalamak için onların tercihlerini ve bakış açılarını ifade etmiş ve karar vericilerin izin verdiği bulanık mantığı uygulamıştır. Bununla birlikte bu çalışmasında AHP kullanarak aynı verileri nasıl elde edeceğini göstermiştir. Diğer taraftan farklı faktörler arasında nedensel ilişkileri anlamak için duyarlılık analizi yapmıştır. Karar vericilerin tercihlerinin tutarlılığını ölçen bir yöntem sağlamıştır. Ordoobadinin çalışmasında olduğu gibi final puanı ile tedarikçilerin sıralaması elde edilmiştir.

Dağdeviren, Yavuz, Kılınç (2009) çalışmalarında bulanık mantık altında AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak silah seçimi yapmışlardır. Bu çalışmaları, tanımlanan kriterlere göre alternatif silahların kıyaslanmasına dayandırılmış ve sözel değerler göz önüne alınmıştır. Savunma sanayinde parametrelendirilmiş sözel değerleri ele alarak uygun silah seçimini sağlamışlardır. Burada AHP ile kriterlerin ağırlıklarını belirlemek ve silah seçim problemlerinin yapısını analiz etmek için kullanılırken, bulanık TOPSIS methodu ile son (nihai) sıralama elde edilmiştir.

Chakraborty, Ghosh, Dan (2011) çalışmalarında en iyi çözüme ulaşmada AHP methodunu kullanmışlardır. Yaptıkları mevcut araştırmada yeni Herustik yöntemin çok kriterli karar verme problemlerini çözmede bir optimizasyon tekniği olduğunu kabul etmişlerdir. Problemin ilk (başlangıç) çözümü AHP kullanarak elde edilmiş ve çözümün kalitesi önerilen Herustic teknik kullanılarak geliştirilmiştir. Bu önerilen yöntemin denemesi Hintli bir inşaat firmasından toplanan veri ile gerçekleştirilmiş ve simülasyonun sonucu karşılaştırılmıştır. Çözümün kalitesi açısından AHP sonucunun daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Shemshadi, Shirazi, Toreihi ve Tarokh (2011) VIKOR yöntemi anlaşmazlıkları çözmek için kabul edilebilen tavizleri varsayarak ölçülebilen olmayan kriter ve çelişkili, çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için geliştirildi. Diğer taraftan Shannon entropi kavramına dayanan yan nesnel ağırlıkları, son kullanıcıların bakış açılarını dikkate alarak ya da karar vericiler tarafından atanan öznel ağırlıkları düzenlemek için kullanılmıştır. Bu çalışmada çoklu kriter karar verme problemi grubu gibi tedarikçi

seçimi ele alındı ve sözel ifadeler formunda karar vericilerin bakış açılarından elde edildi. Daha sonra bu sözel ifadeler üçlü bulanık sayılara dönüştürüldü. Shannon entropi kavramına dayanan nesnel ağırlıkları uygulamak için işleyiş ile VIKOR yöntemi genişletmiştir. Bu makalede nesnel ağırlıkların Shannon ağırlıklarına dayanarak belirlerken karar vericilerden direkt elde edilen öznel yargıların olduğu öznel ve nesnel ağırlıkları destekleyen VIKOR uzantısını önermişlerdir. Son kullanıcıların bakış açılarını içeren kitlesel özelleştirme ya da müşteri odaklı firmaların durumunda özellikle kullanışlı olacağı belirtilmiştir.

Kilincci ve Onal (2011) çalışmalarında çamaşır makinası firması için bulanık AHP ye dayalı bir yöntem kullanmışlardır. Burada belirlenen kriterler ile en iyi müşteri memnuniyetini sağlayan firmanın en iyi tedarikçisini seçmeye çalışmışlardır. Bununla birlikte üç ana özellik ve 14 alt özellik Üretim Planlama Departmanında ki uzmanlar ve literatür araştırmalarına dayanarak belirlemişlerdir. Ana kriterler ve alt kriterlerin kıyaslanması için bir anket yapmışlardır. En iyi tedarikçi, her tedarikçinin genel puanının hesaplanmasından sonra seçilmiştir. En iyi tedarikçilerini seçmek için bulanık AHP de hesaplamaların hepsini MS Excel de Macros kullanarak yapmışlardır.

Güneri, Ertay ve Yücel (2011) çalışmalarında Uyarlamalı Sinirsel-Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) dayanan yeni bir yaklaşımı tedarikçi seçimi için göstermişlerdir. İlk olarak, problem için belirlenen kriterleri ANFIS seçim yöntemini uygulayarak azaltmışlardır. Daha sonra, ANFIS yapısını problemin çıktısı ve seçilen kriterlerle ilgili veriyi kullanarak oluşturmuşlardır. Bu modelin verimliliğini değerlendirmek için, aynı verileri kullanarak çoklu lineer regresyon uygulamışlardır. ANFIS modeli kök ortalama hatası ve mutlak ortalama yüzde hatası ölçümlerine göre çoklu lineere regresyonun daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu önerdikleri metodu tekstil firmasında bir vaka çalışması yaparak göstermişlerdir.

Feng, Fan ve Li (2011) çalışmalarında farklı servis süreci/ürün elementlerinin koşulu için tedarikçi seçim havuzunda bir karar metodu önerirler. Bu tedarik seçimi için partner firmalar arasında iş birliği programının kullanımına öncülük etmişlerdir. İstenilen tedarikçi seçimi için çok amaçlı bir model oluşturmuşlardır. Problemin çözümü için tabu araştırmasına dayanan Çoklu Nesnel Algoritmayı geliştirmişlerdir. Daha sonra

önerilen model ve algoritmanın uygulanabilirliğini göstermek için bir örnek kullanmışlardır. Kapsamlı sayısal deneyler yaparak önerilen algoritmanın performansını test etmişlerdir.

Li, Yamaguchi ve Nagai (2006) çalışmalarında tedarikçi seçim problemleri ile başa çıkabilmek için yeni gri temelli bir yaklaşım önermişlerdir. Yaptıkları çalışmada ilk olarak, tüm alternatifler için özelliklerin oranları ve ağırlıkları gri sayı ile ifade edilebilen sözel değişkenler tarafından tanımlamışlardır. İkinci olarak tüm alternatiflerin sıralamasını belirlemek için gri olasılık derecesini önermişlerdir. Son olarak önerdikleri yaklaşımı örnek bir tedarikçi seçim probleminde uygulamışlardır.

Amin, Razmi, Zhang (2010) çalışmalarında sayılabilir (nicel) SWOT (güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler) analizi ile ilk defa tedarikçi seçimi kapsamında uygulamışlardır. Çalışmalarında iki aşamadan oluşan tedarikçi seçimi için karar modeli önermişlerdir. İlk aşamada sayısallaştırılmış SWOT analizi tedarikçilerin değerlendirilmesi için uygulamışlardır. Sözel değişkenleri ve üçlü bulanık sayıları değişkenleri ölçmek için kullanmışlardır. İkinci aşamada bulanık lineer programlama modelini sipariş miktarını belirlemek için kullanmışlardır. Önerdikleri bu modelin yeni noktaları ve yararları: ilk olarak modelin stratejik açıdan tedarikçi seçim problemi analizi, ikinci olarak bulanık mantığı uygulamışlardır çünkü insanların bakış açılarından belirsizlikleri dikkate almışlardır. Bunun dışında talebin bulanık sayı olduğunu varsaymışlardır. Üçüncü olarak bulanık mantık ve niceliksel SWOT'u ilk defa oluşturmuşlardır. Dördüncü olarak niteliksel ve niceliksel faktörlerin her ikisini dikkate almışlardır. Son olarak minimum sipariş miktarı ve deponun kapasitesi matematiksel modelde sınırlamaları (kısıtlamaları) olarak dikkate almışlardır.

Wei (2011) çalışmasında sezgisel bulanık bilgi ile çok kriterli karar verme problemlerini araştırmıştır. Ağırlıkların özellikleri hakkında bilgiler kısmen bilindiği kabul edilmiş ve kriterlerin değerleri sezgisel bulanık sayılar ile ifade edilmiştir. Kriterin ağırlık vektörüne sahip olması için geleneksel gri ilişkisel analiz (GİA) methodunun genel amacına dayanan optimizasyon modelini belirlemişlerdir. Daha sonra geleneksel gri modele dayanan sezgisel bulanık çok kriterli karar verme (MCDM) problemlerinin çözümü için hesaplanan adımları vermişlerdir. Ayrıca değer aralıkları sezgisel bulanık

ortamın sonuçlarını genişletmişler ve kısmen bilinen özelliğin ağırlık bilgileri aralık değerlerinin sezgisel bulanık çok kriterli karar vermesi için değiştirilen GİA metod geliştirmişlerdir. Son olarak da gösterdikleri örnekte pratikliğini ve etkinliğini göstermede geliştirdikleri yaklaşımı doğrulamak için metodu sunmuşlardır.

Lin, Hwang ve Chan (2004) çalışmalarında bazı ağırlıkları analitik hiyerarşi sürecinde gri sayılar ile ilgili olduğu zaman, tekrarlanan hiyerarşik yapıda grup kararlarının yaklaşımı için gri ilişkisel analizi uygulamışlardır. Bu çalışmada bu sonuç karar vermek için bir uzlaşmaya varmada başarılı olmayan bir grup için uygulamışlardır.

4.ÖNERİLEN MODELDE KULLANILAN ARAÇLAR

Firmaların bulunduğu pazarda başarılı olabilmeleri için en önemli kriterlerinden biri çalıştığı tedarikçileridir. Bu seçilen tedarikçiler firmanın karlılığını artırması, müşteriye zamanında teslimat yapması ve kalite ürünleri zamanında üretmesi gibi birçok faktörü etkilemektedir. Bu yüzden firmalar tedarikçi seçimlerine önem göstermektedirler. Bu başarının sağlanması için firmalar büyük miktarlarda zaman ve para harcamaktadırlar. Doğru tedarikçinin seçilmesi firmaların kazancını ve müşteri memnuniyetini artıracak ve zaman kaybını azaltacaktır. Firmalar tedarikçilerini seçerken bilimsel yöntemleri göz önünde bulundurarak, bu seçimde daha tutarlı karar almalarını sağlamaktadırlar. Firmalar tedarikçilerini seçerken birçok yöntem kullanmaktadır.

Bu bölümde modelimizde kullandığımız Bulanık Mantık, Gri Teori ve Entropi yöntemleri hakkında bilgiler verilmektedir.

4.1. BULANIK MANTIK

İnsanoğlu günlük hayatını sürdürürken pek çok sorun ile karşılaşmakta ve geçmişte edindiği bilgi ve deneyimlerinden yararlanarak çözümler üretmektedir. Bu sorunların bir kısmı tamamen belirli olmakta ve kolayca tanımlanabildiğinden dolayı çözüm getirilmesi de kolay olmaktadır. Bunun yanı sıra, belirsizlikler içeren veya tam olarak tanımlanamayan sorunların çözümü ise nispeten zor olmakta ve görecelik arz etmektedir.

Belirsizliğin bu önemli rolünün anlaşılması, geleneksel anlayıştan belirsizliğe temel alan modern anlayışa geçişi sağlayan dönüşümü başlatmıştır. Bu anlayış literatüre ilk girdiği anda deterministik bir anlayıştaki klasik görüşe göre ters düşmesinden dolayı çok sıcak karşılanmamıştır (Murat ve Diğerleri, 2005)

Deterministik anlayıştaki klasik görüşe ters düşen bulanık mantık (Fuzzy Logic) kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Lotfi A. Zadeh'in bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla duyuldu. Zadeh tarafından ortaya atılan bulanık küme, mantık ve sistem kavramları bu araştırmacının uzun yıllar

boyunca kontrol alanında çalışması; istediği kontrolü elde edebilmesi için fazlaca doğrusal olmayan denklemlerin işin içine girmesi; yöntemin karmaşıklaşması ve çözümün zorlaşması neticesinde ortaya çıkmıştır. Bulanık mantık insanların her gün kullandığı ve davranışlarının yorumlandığı yapıya ulaşmasını sağlayan matematiksel bir disiplindir. İnsanlar günlük hayatta; tam olarak tanımlanmamış ve nümerik olmayan dilsel niteleyiciler (soğuk, hafif soğuk, ılık, sıcak, çok sıcak vb. gibi) kullanarak kararlar verir ve problemleri çözer (Şimşir, 2008).

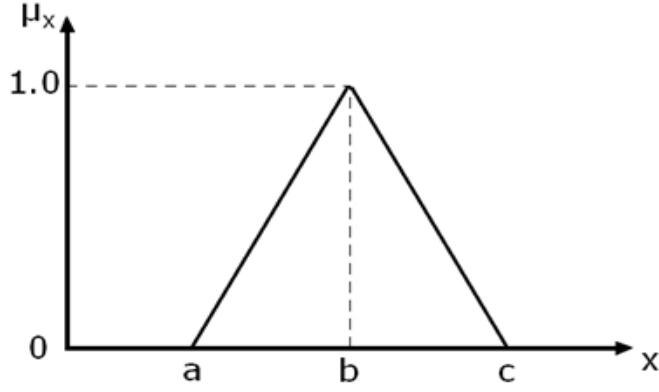
4.1.1. Bulanık Üyelik Fonksiyonları

Bulanık bir küme ile çalışma yapılan alana ait her bir bireye veya elemana matematiksel olarak kümedeki üyelik derecesini temsil eden bir değer atayarak tanımlanır. Bu değer o üyenin bulanık küme tarafından ifade edilen kavrama uygunluk derecesini ifade eder. Genel olarak, küme üyelerinin bu değerleri ile değişiklik gösteren eğriye üyelik fonksiyonu adı verilir. En büyük önem derecesine sahip olan ortaya yakın öğelere 1 değeri atanırsa, diğerinin 0 ile 1 arasında ondalıklı ve sürekli değiştiği sonucuna varılır. İşte bu şekilde, 0 ile 1 arasındaki değişimin, her bir öğe için değerine, üyelik derecesi, bunun bir alt küme içindeki değişimine ise üyelik fonksiyonu adı verilir. Böylece, üyelik fonksiyonu şemsiyesi altında toplanan öğeler önem derecelerine göre birer üyelik derecelerine sahiptir.

4.1.1.1 Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Bir bulanık küme üzerinde üçgensel tipte bir üyelik fonksiyonu tanımlamak demek üyelik fonksiyonu oluşturan elemanlara aşağıdaki işlemlerin uygulanması anlamına gelir.

$$\tilde{U}(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x - a)/(b - a) & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b) & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases} \quad (4.1)$$

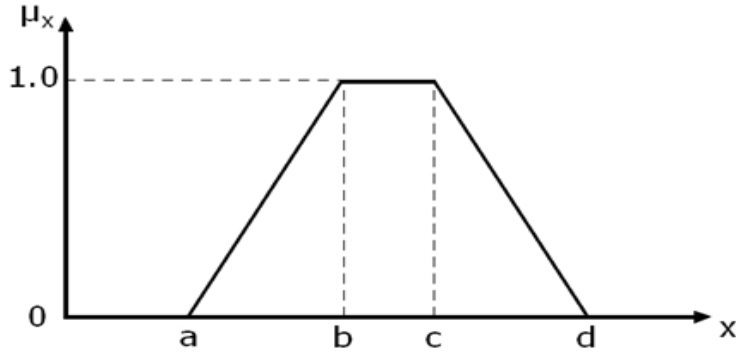


Şekil 4.1: Üçgen üyelik fonksiyonu (Şimşir, 2008).

4.1.1.2 Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Bir bulanık küme üzerinde yamuk bir üyelik fonksiyonu tanımlamak demek üyelik fonksiyonunu oluşturan elemanlara aşağıdaki işlemlerin uygulanması anlamına gelir.

$$Y(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x - a)/(b - a) & a \leq x < b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c) & c < x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases} \quad (4.2)$$



Şekil 4.2: Yamuk üyelik fonksiyonu (Şimşir, 2008).

4.1.2. Bulanık Kümelerde İşlemler

Klasik (kesin/tam) küme farklı nesnelerin toplamıdır. Bir küme üyeler ve üye olmayan şeklinde verilen iki gruba ait olayın, evrenin elemanlarını çatallaştırma-ikiye ayırma olarak tanımlanır. Sonuçta kesin bir küme karakteristik fonksiyon şeklinde tanımlanır. Bulanık bir küme ise grubundaki üye olmayanlardan üye olanları ayırarak kesin sınırı elimine etmekle geçiş/giriş yapar. Bulanık kümelerle işlemler klasik kümelerin

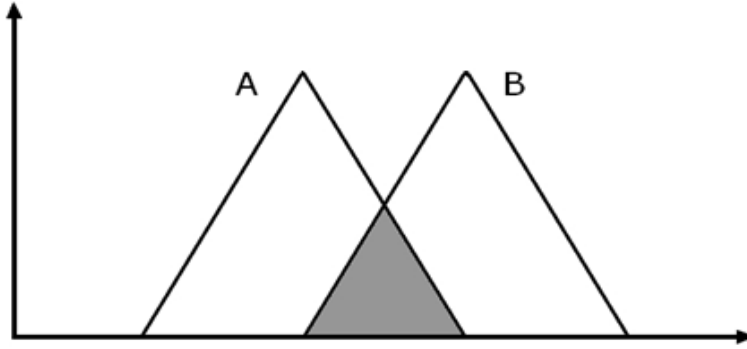
geniştirilmiş şekli olup normal kümeden bulanık kümeye geçiş işlemleridir. Kesin/tam kavramlarla aynı sembolleri kullanırlar. Bulanık altküme $\{0,1\}$ elde dilen üyelik derecesine sahipse bütün işlemler kesin/tam kavramların anlamına indirgenir.

4.1.2.1 Kesişim (Ve-And) İşlemi

A ve B, X kesin kümenin bulanık alt kümeleri ve A(t) ve B(t) de sırasıyla A ve B bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonunun değeri olsun. A ve B'nin kesişimi

$$(A \cap B)(t) = \min\{A(t), B(t)\} = A(t) \wedge B(t), \text{ bütün } t \in X \text{ dir.}$$

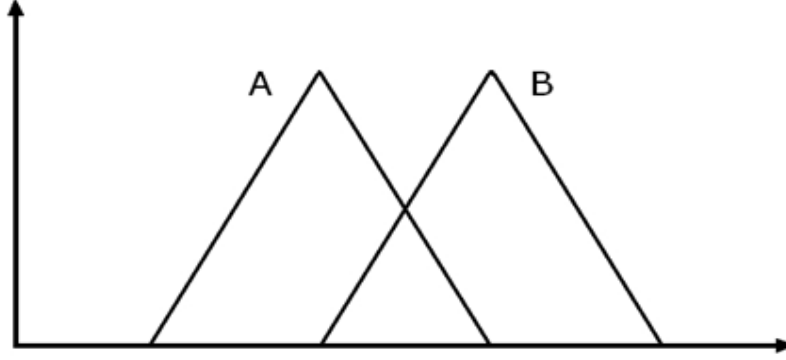
Aşağıda gösterdiğimiz şekil 4.3 de A ve B gibi iki üçgensel normdaki bulanık sayının kesişimi $(A \cap B)(t)$ gösterilmektedir.



Şekil 4.3: İki üçgen bulanık sayının kesişimi (Şimşir, 2008).

4.1.2.2 Birleşim (Veya-Or) İşlemi

A ve B'nin birleşimi $(A \cup B)(t) = \max\{A(t), B(t)\} = A(t) \vee B(t)$, bütün $t \in X$ dir. A(t) ve B(t) de sırasıyla A ve B bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonunun değeridir. Şekil 4.4'de A ve B gibi iki üçgensel normdaki bulanık sayının birleşimi $(A \cup B)(t)$ gösterilmektedir (Şimşir, 2008).



Şekil 4.4: İki üçgen bulanık sayının birleşimi (Şimşir, 2008).

Bir bulanık küme, çalışma yapılan alana ait her bir elemana matematiksel olarak kümedeki üyelik derecesini temsil eden bir değer atayarak tanımlanır. Bu değer, elemanın bulanık küme tarafından ifade edilen kavrama üyelik derecesini ifade ettiğini belirtilmişti. Bundan dolayı bireylerin kümeye ait olması farklılaşır. Üyelik dereceleri 0 ile 1 arasındaki gerçel sayılarla temsil edilirler. Tam üye olma ve üye olmama durumu, bulanık kümede sırasıyla 1 ve 0 değerleriyle karşılanır. Bundan dolayı da, klasik küme kavramı bulanık küme kavramının bu iki değere kısıtlanmış özel bir şekli olarak görülebilir (Şimşir, 2008).

4.1.3 Üçlü Bulanık Kümeler

Aşağıda, açıkça üçlü bulanık kümelerin bazı temel tanımları anlatılmıştır. Tanım 4.1.3.1 de üçlü bulanık sayılar tanımlanmıştır. Tanım 4.1.3.2 de üçlü bulanık sayıların operasyonel kuralları gösterilmiştir. Tanım 4.1.3.3 de üçlü bulanık sayıların aralık ölçümleri verilmiştir.

Tanım 4.1.3.1 Üçlü bulanık sayı $\tilde{a}$ bir üçlü olarak (a_1, a_2, a_3) tanımlanır. İfade edilen bir fonksiyonun elemanları aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\mu_{\tilde{a}}(x) = \begin{cases} (x - a_1)/(a_2 - a_1) & a_1 \leq x \leq a_2 \\ (a_3 - x)/(a_3 - a_2) & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & \text{diğer} \end{cases} \quad (4.3)$$

Üçlü bulanık sayı üç-değer yargısına dayanır: minimum değer a_1 , en olası değer (the most possible value) a_2 ve maksimum değer a_3 ’tür.

Tanım 4.1.3.2 $\tilde{a}=(a_1, a_2, a_3)$ ve $\tilde{b}=(b_1, b_2, b_3)$ iki üçlü bulanık sayı olsun. Burada $a_1 \leq a_2 \leq a_3$ ve $b_1 \leq b_2 \leq b_3$ şartı altında üçlü bulanık sayıların temel fonksiyonları aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

Toplama: $\tilde{a} \oplus \tilde{b} = (a_1, a_2, a_3) \oplus (b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$.

Çarpma: $\tilde{a} \otimes \tilde{b} = (a_1, a_2, a_3) \otimes (b_1, b_2, b_3) = (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3)$.

Bölme: $\tilde{a} / \tilde{b} = (a_1, a_2, a_3) / (b_1, b_2, b_3) = (a_1 / b_1, a_2 / b_2, a_3 / b_3)$.

Tanım 4.1.3.3 Üçlü bulanık sayı olan $\tilde{a}=(a_1, a_2, a_3)$ ve $\tilde{b}=(b_1, b_2, b_3)$, $\tilde{a}$ ve $\tilde{b}$ arasındaki uzaklık aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır. (Zhang ve diğ., 2011)

$$\delta(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]}{3}} \quad (4.4)$$

4.2. GRİ TEORİ

Gri Teori az ya da kesikli bilgi, çok veri ve belirsizlik olan durumlarda başvurulabilecek alternatif ve etkili bir yaklaşımdır. Çok değişkenli istatistiklerde hiçbir dağılıma uymayan, yeterli veri içermeyen ve belirsizlik nedeniyle modellenemeyen problemlerde gri teori çözüm önermektedir. Gri Teori ilk defa 1982 yılında Tayland'da ki Hua Chung Bilim ve Teknoloji Üniversitesi öğretim üyelerinden olan profesör Julong Deng tarafından ortaya atılmıştır. Gri teori; gri ilişkisel analiz, gri modelleme, gri tahmin ve gri karar verme gibi alt başlıklar altında farklı alanlarda uygulanmaktadır. Son yirmi yılda gri sistem teorisi farklı disiplinlerde kullanılan popüler bir analiz yöntemi olmuştur.

Gri sistem teorisi temel olarak sistemler arasındaki ilişkinin analizi, model kurulması, tahmin ve karar problemlerinde sıkça kullanılan bir yöntemdir. Gri sistem teorisi belirsizliğin sayılaştırılmasında alternatif bir metottur. Stokastik veya bulanık yöntemlerle üstesinden gelinemeyen belirsizlik durumlarının modellenmesini sağlar. Gri sistem teorisinde, belirsizliğin olmadığı kusursuz bilgiye sahip olan bir sistem beyaz

renk ile sembolize edilmiştir. Tam zıt özelliklere sahip olan sistem ise siyah olarak nitelendirilmiştir. Yalnızca kısmi bilgiye sahip olan sistemler ise “gri sistemler” olarak nitelendirilmiştir. Hayattaki olayların, işlemlerin ve süreçlerinin çoğunluğu hiçbir zaman ne tam siyah ne de tam beyazdır. Çoğu zaman tam olmayan, eksik bilgi ve varsayımlar altında modeller kurar ve kararlar veririz. Gri sistem teorisinin ortaya çıkış felsefesi de bu fikirlere dayanmaktadır. Sistem faktörleri (parametreleri), faktörler arasındaki ilişki, sistemin işleyiş yapısı ve işleyiş şeklinin belirsiz olduğu bu durumlar gri sistemlerin karakteristik özelliklerindendir.

Deng Gri Sistemlerin karakteristik yapılarını ortaya çıkarmak için sıkıcı matematiksel hesaplamalar, istatistiksel varsayımlarla uğraşmak yerine, gri modelleme kullanarak yetersiz/eksik-gri bilgiye sahip sistemleri basit hesaplama yöntemlerinden faydalanarak incelemiştir. İstatistiksel analizlerde farklı veri yapıları farklı rassal özellikler göstermekte ve dolaylı farklı rassal yöntemlerle analiz edilmektedir. Gri sistem teorisinde ise tüm farklı rassal prosesler gri kaynaklı/temelli kabul edilmektedir. Gri sistem teorisinin bir başka önemli özelliği ise çok az sayıda verinin olması durumunda bile, örneğin 3, 4 veya daha fazla, bu tür bir sistemin gri olarak modellenebilmesidir (Üstünişik, 2007).

4.2.1. Gri Belirsizlik

A, aşağıda belirttiğimiz özellikleri taşıyan gri bilgi olsun: α bir bilinmeyen, $S \neq \emptyset$, K , S 'nin bir alt kümesi, $U = “\alpha S'e ait olsun”$ ve $A = “\alpha K'ya ait olsun”$. Bilinmeyen α 'nın spesifik (kesin) değeri gri belirsizliği ifade eder. Örneğin, $U = “\alpha S'e ait olsun”$, $S = “Tüm reel sayılar kümesi”$, $K = “[2,3] aralığı”$ ve $A = “\alpha K'ya ait olsun”$. A gri bilgisi şu belirsizliği içerir. α , 2 ile 3 arasında reel bir sayıdır. Bununla birlikte α 'ın kesin değeri bilinmemektedir. Örneğin yeni bir araba almayı düşünen bir müşterinin 30.000 \$'nın olduğunu kabul edelim. α pazarlık sonrası arabanın satış fiyatını gösterebilir. α 'ın 0 ile 30.000 \$ arasında bir değer alacağı kesindir. Burada gri belirsizlik aracın pazarlık sonrası satış fiyatının kesin değerinin belirsizliğinden kaynaklanmaktadır.

Bulanık belirsizlikte ise dilsel bir belirsizlik söz konusudur. A bulanık bilgisi şu koşulları sağlayan bir bilgidir. A bir bilinmeyendir, S boş küme değildir. $U = “\alpha S'e aittir”$ ve $\alpha = e \in S$ aitlik derecesi α_e dir ve $0 \leq \alpha_e \leq 1$ dir. Örneğin X, üniversitenin

birçok komisyonunda görev alan bir öğretim üyesi olsun. X, disiplin komisyonunda yer almasına rağmen bu komisyonun birçok toplantısına katılmıyor ise, X'in bu komisyona üye (ait) olma derecesi sıfıra yakın bir değer olacaktır. X çok büyük ihtimalle bu komisyona üye değildir ama kesinlikle üye değildir denilemez. X, satınalma komisyonunun tüm toplantılarına bugüne kadar istinasız katılmıştır. X'in satınalma komisyonuna ait olma derecesi 1'dir. Bunun birlikte X bireyin gelecekte satınalma komisyonunun tüm toplantılarına katılacağı anlamına gelmemektedir (Üstünişik, 2007).

4.2.2. Gri İlişkisel Analiz

Gri ilişkisel analiz gri modellemenin alt konu başlıklarından biridir. Gri ilişkisel analiz gri bir sistemdeki her bir faktör ile kıyas yapılan faktör (referans serisi) serisi arasındaki ilişki derecesini belirlemeye yarayan bir metottur. Her bir faktör bir dizi (satır veya sütun) olarak tanımlanır. Faktörler arası etki derecesi ise gri ilişkisel derece olarak isimlendirilir.

Gri ilişkisel derece referans faktör serisi ile karşılaştırılacak olan faktör serisi arasındaki geometrik benzerlik dikkate alınarak hesaplanır. Bir gri ilişkisel dereceyi tanımlayan fonksiyonun normallik, dual simetri, bütünlük ve yakınlık aksiyomlarını sağlaması gerekmektedir. x_i ve x_j serileri arasındaki gri ilişkisel derece $y(x_i, x_j)$ olarak tanımlansın. $x_i(k)$ i. serinin k. değerini gösterson.

- Normallik: $0 < y(x_i, x_j) \leq 1, \forall i, \forall j$
- Dual Simetri: $y(x_i, x_j) = y(x_j, x_i) \iff X = \{x_i, x_j\}$
- Bütünlük: $y(x_i, x_j) \neq y(x_i, x_j), \forall x_i, x_j \in X = \{x_s \mid s=1, 2, \dots, m; m \geq 2\}$
- Yakınlık: $y(x_i, x_j)$ 'nin değerini $|x_i(k) - x_j(k)|$ belirler. $|x_i(k) - x_j(k)|$ ne kadar küçük ise gri ilişkisel derece o kadar büyüktür.

Gri ilişkisel analiz metodunun hesaplama adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1. n uzunluğundaki referans serisi aşağıdaki gibi olsun (4.2.1);

$$\chi_0 = (\chi_0(1), \chi_0(2), \chi_0(3), \dots, \chi_0(n)) \quad (4.5)$$

Adım 2. Verilerinin normalize edilmesi

Faktörlerin farklı kaynaklardan geldiği, farklı birimlerde ölçüldüğü düşünüldüğünde GIA'nın ilk adımı verilerin aynı birime dönüştürülmesidir. Ayrıca serinin çok geniş aralıklarda değerler aldığı durumlarda standartlaşmayla verilerin küçük bir aralığa çekilmesinde de fayda vardır. Gri sistem teorisinde bu normalleştirme prosesine “gri ilişkisel oluşum” adı verilmektedir. Verilerin normalizasyonunda en sık kullanılan yöntemlerden birisi lineer veri önişleme metodudur. Faktör serilerinin normalizasyonunda dikkat edilmesi gereken “daha yüksek daha iyi” ve “daha düşük daha iyi” ve “ideal değer daha iyi” kriterlerinden hangisinin serinin özelliğini yansıttığıdır. Örneğin serideki noktaların küçük değerler olması istenen bir özellik ise lineer normalizasyonda küçük değer alan noktalar normalizasyonda 1'e yakın değerler alırken, büyük değer alan noktalar 0'a yakın değerler alacaktır.

“Daha yüksek daha iyi” durumunda normalizasyon işlemi (4.6) deki formül yardımıyla yapılır.

$$\chi_i(k) = \frac{\chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)}{\max \chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)} \quad (4.6)$$

Bu formülde, $\chi_i^0(k)$, i serisi k. sıradaki orijinal değer, $\chi_i(k)$ normalizasyon sonrası i. seri k. sıradaki değer, $\min \chi_i^0(k)$ i serisindeki minimum değer, $\max \chi_i^0(k)$ i serisindeki maksimum değerdir.

“Daha düşük daha iyi” durumunda normalizasyon işlemi (4.7) deki formül yardımıyla yapılır.

$$\chi_i(k) = \frac{\max \chi_i^0(k) - \chi_i^0(k)}{\max \chi_i^0(k) - \min \chi_i^0(k)} \quad (4.7)$$

“ideal değer daha iyi” durumunda normalizasyon işlemi (4.8) deki formül yardımıyla yapılır.

$$\chi_i(k) = 1 - \frac{|\chi_i^0(k) - \chi^0|}{\max \chi_i^0(k) - \chi^0} \quad (4.8)$$

Burada χ^0 istenilen ideal değeri göstermektedir.

Adım 3. χ_0 serisi ile karşılaştırılacak m tane seri (4.9)'te ki gibi tanımlanmış olsun.

$$\chi_i = (\chi_i(1), \chi_i(2), \chi_i(3), \dots, \chi_i(n)) \quad i=1,2,\dots,m \quad (4.9)$$

Adım 4. k, n uzunluğundaki serideki k. sırayı gösterebilir. $\varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k))$, k. noktadaki gri ilişkisel katsayı olup (4.10) formülüne göre hesaplanır.

$$\varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) = \frac{\Delta_{min} + \xi \Delta_{max}}{\Delta_{oi}(k) + \xi \Delta_{max}} \quad (4.10)$$

Bu formülde Δ_{min} , $\Delta_{oi}(k)$ ve Δ_{max} aşağıdaki formüllere göre hesaplanır.

$$\Delta_{oi}(k) = | \chi_0(k) - \chi_j(k) | \quad (4.11)$$

$$\Delta_{min} = \min_j \min_k | \chi_0(k) - \chi_j(k) | \quad (4.12)$$

$$\Delta_{max} = \max_j \max_k | \chi_0(k) - \chi_j(k) | \quad (4.13)$$

4.10 formülündeki $\xi \in (0,1)$ arasındaki bir katsayıdır. $J=1,2, \dots, m$; $k=1,2, \dots, n$. a ξ işlevi, Δ_{oi} ile Δ_{max} arasındaki farkı ayarlamaktadır. Çalışmalar ξ değerinin gri ilişkisel derece sonrası oluşacak sıralamayı etkilemediğini göstermektedir.

Adım 5. Son olarak gri ilişkisel derece ise (4.14) formül yardımıyla hesaplanır:

$$\gamma(\chi_0, \chi_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) \quad (4.14)$$

Bu formülde, $\gamma(\chi_0, \chi_i)$ gri bir sistemdeki χ_i serisi ile χ_0 referans serisi arasındaki geometrik benzerliğin bir ölçüsüdür. Gri ilişkisel derecenin büyüklüğü χ_i ile χ_0 arasında kuvvetli bir ilişki olduğunun göstergesidir. Eğer karşılaştırılan iki seri birbirinin aynı ise gri ilişkisel derece değeri 1 olarak bulunur. Gri ilişkisel derece karşılaştırılan serinin referans seriye ne kadar benzer olduğunu gösterir.

Eğer her bir kriterin ağırlıkları verildiyse, kriterin gri ilişki katsayısı ile kriterin önem derecesine ilişkin ağırlık değeri çarpılarak gri ilişki derecesi bulunabilir. Bu (4.15)'e göre hesaplanır.

$$\gamma(\chi_0, \chi_i) = \sum_{k=1}^n \varepsilon(\chi_0(k), \chi_i(k)) \cdot W_i(k) \quad (4.15)$$

Karar verme problemlerinde referans seri, kriterlerin alması istenen en büyük, en küçük ve en ideal değerler olarak seçilirse, karşılaştırılması yapılacak faktör serilerinin referans seriye göre hesaplanacak gri ilişkisel derecesi kriterleri yakalama seviyesinin bir göstergesi olacaktır. Diğer bir deyişle gri ilişkisel derecesi en yüksek olan faktör serisi (alternatif) karar verme probleminde en iyi karar alternatifini gösterecektir (Üstünişik, 2007).

4.3. ENTROPİ İLE AĞIRLIKLARIN HESAPLANMASI

Tedarikçi seçiminde kriterlerin ağırlıklarını hesaplayabilmek için kullanılan bilimsel yöntemlerden biride Entropi yöntemidir. Entropi yöntemi genel olarak bir sistemdeki belirsizliğin ölçüsü olarak tanımlanır. Bu yöntem çok kriterli karar verme problemlerinde ağırlıkları hesaplamada etkili bir yöntemdir. Aşağıda $S = (s_{ij})_{m \times n}$ gri ilişkisel katsayı değerler tablosundaki kriter ağırlıklarını elde edebilmek için entropi yönteminin adımları gösterilmiştir (Zeshui ve Hui, 2009).

Adım 1. Her bir $s_{ij} \in [-1, 1]$ 'nin olduğunun varsayımı. Burada, 4.16 formülü kullanılarak normalize edilen karar matrisi $\bar{S} = (\bar{s}_{ij})_{m \times n}$ her bir ögesine karşılık gelen $S = (s_{ij})_{m \times n}$ değer matrisinde her bir s_{ij} değeri normalize edilmiştir.

$$\bar{s}_{ij} = \frac{s_{ij} - \min_j \{s_{ij}\}}{\max_j \{s_{ij}\} - \min_j \{s_{ij}\}} \quad i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n \quad (4.16)$$

Burada $\bar{s}_{ij} \in [0, 1]$ ve $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ 'dir.

Adım 2. $\bar{S}$ 'nin her satırı normalize edilir ve daha sonra 4.17 formülünde görüldüğü gibi $\dot{S} = (\dot{s}_{ij})_{m \times n}$ normalize matris elde edilir.

$$\dot{s}_{ij} = \frac{\bar{s}_{ij}}{\sum_{j=1}^n \bar{s}_{ij}} \quad i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n \quad (4.17)$$

ve böylece $\dot{s}_{ij} \geq 0$ ve $\sum_{j=1}^n \dot{s}_{ij} = 1$ 'dir.

Adım 3. G kriterlerin sonlu alt kümesinin G_i 'nin i . özelliğine göre entropinin hesaplanması.

$$E_i = -\frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n \dot{s}_{ij} \ln \dot{s}_{ij}, \quad i=1, 2, \dots, m. \quad (4.18)$$

Her bir $j=1, 2, \dots, n$ için $\dot{s}_{ij} = 1/n$ olduğunda sadece ve sadece $E_i = 1$ 'dir. Özellikle, eğer $\dot{s}_{ij} = 0$ ise $\dot{s}_{ij} \ln \dot{s}_{ij} = 0$ 'dır. $E_i \in [0,1]$ 'dir.

Adım 4. E_i 'nin değeri büyüdükçe, $\dot{s}_{ij}$ ($j=1, 2, \dots, n$) değerleri daha benzer hale gelecektir ve G_i özelliğine daha küçük ağırlık atanacaktır. Sonuç olarak, aşağıdaki formül kullanılarak i . özellikteki G_i 'ye göre entropi ağırlıkları hesaplanabilir.

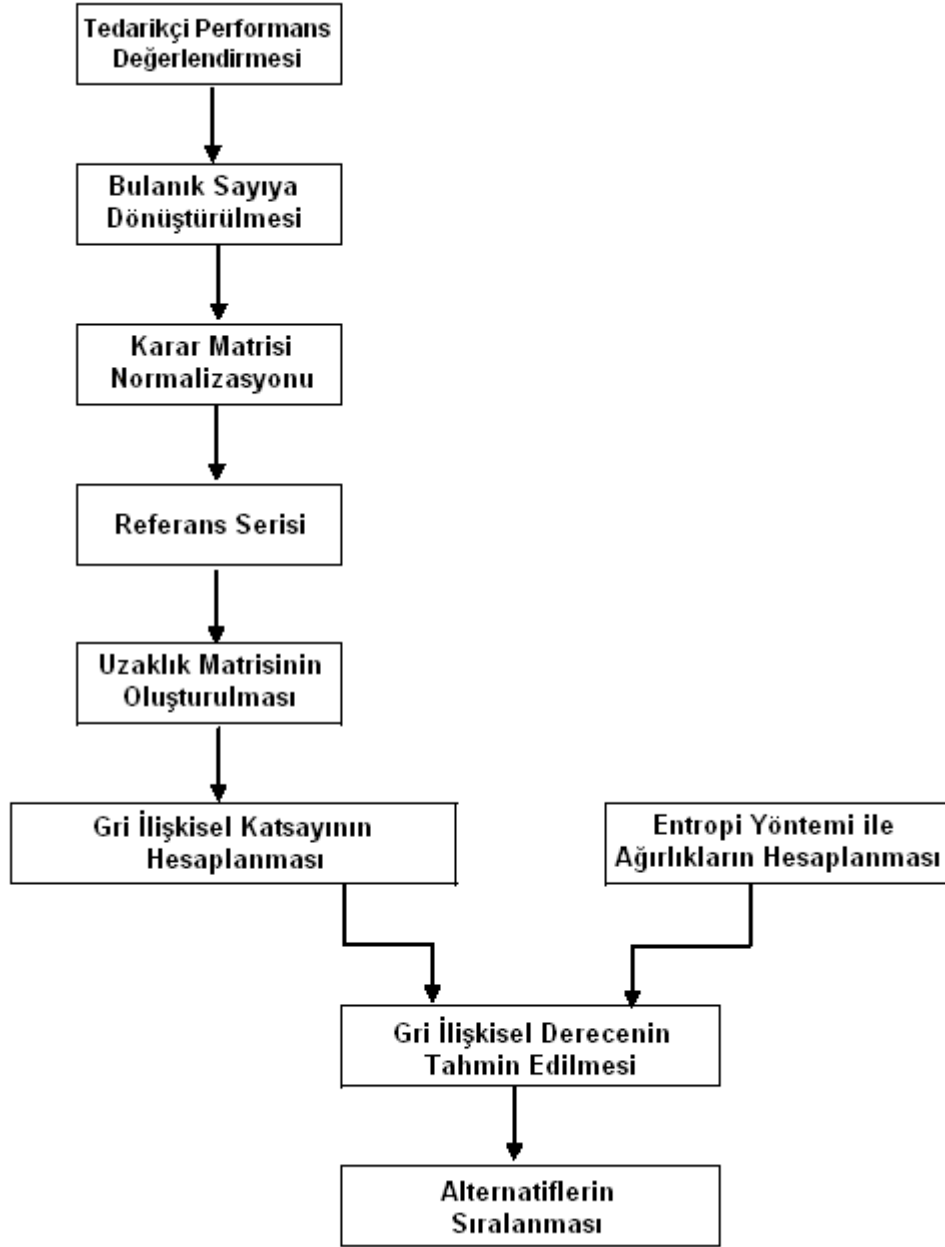
$$W_i = \frac{1-E_i}{\sum_{i=1}^m (1-E_i)}, \quad i=1, 2, \dots, m. \quad (4.19)$$

Böylece G_i ($i=1, 2, \dots, n$) özelliklerinin $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ vektör ağırlıkları, $w_i \geq 0$ ve $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ elde edilmiş olur.

5.ÖNERİLEN MODELİN ADIMLARI

Çalışmanın ana konusunu oluşturan çok kriterli karar verme metodlarından biri olan Grey Teoriyi kullanarak uygulama yapılmıştır. Bu yöntemde ilk olarak tedarikçilerin performansları sözel değişkenler (çok zayıf, orta, çok iyi) ile ifade edilmiştir. Bu sözel değişkenler bulanık mantık altında bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Bu sayılara normalizasyon yapılarak, grey teori yardımıyla referans değeri arasındaki uzaklıklar hesaplanmıştır. Sonrasında gri ilişkisel katsayıları bulunmuştur. Birden fazla tedarikçi arasında bize en yararlı tedarikçiyi seçebilmek için kriterlerin ağırlıkları Entropi yöntemi ile hesaplanarak modele entegre edilmiştir. Bulunan kriter ağırlıkları ile gri ilişkisel derece tahmin edilmiş ve alternatifler sıralanmıştır. Böylece çok kriterli karar verme için genişletilmiş GİA methodunun hesaplama adımlarını aşağıda gösterilmiştir.

Modelimizde GİA’de, N kriter $K_1, K_2, \dots, K_n$ ve m non-inferior (ikinci derece olmayan) $S_1, S, \dots, S_m$ alternatiflerine sahip olan çok kriterli karar verme problemi olduğu varsayılmıştır. Her bir alternatif n sayıdaki kriterlere göre puanlandırılır ve bulunan bu değerler $X=((X_{ij})_{m \times n})$ olarak ifade edilen karar matrisi haline dönüştürülür. Önerilen modelin adımları aşağıda sırasıyla açıklanmıştır (Zhang ve diğ., 2011).



Şekil 5.1: Önerilen Tedarikçi Seçim Modelinin Şematik Yapısı.

Adım 1: *Tedarikçi performanslarının değerlendirilmesi ve karar matrisinin elde edilmesi.*

Bu adımda tedarikçilere ait sayısal performans değerleri ile karar matrisi elde edilir. Firmanın tedarikçilerine uyguladığı Tedarikçi Seçme Formunda Çok İyi (10), Orta (6), Çok zayıf (2) değerleri verilmektedir. Burada firma tarafından tedarikçilere verilen çoklu alt kriterlere, verilen puanların ortalamaları alınarak kriter puanlarına dönüştürülür.

Adım 2: Performansların ve Bulanık Karar Matrisinin Elde Edilmesi

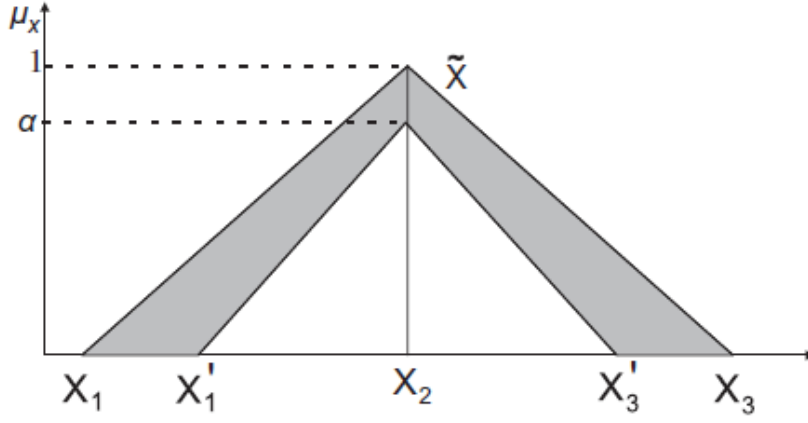
Bu adımda sayısal performans değerlerine karşılık gelen sözel ifadeler Tablo 5.1 de verilen üçlü bulanık interval-değerli (sezgisel) bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Bu işlem aşağıdaki biçimde gerçekleştirilir.

Tablo 5.1: Oranlar için sözel değişkenlerin tanımları (Zhang ve diğ., 2011).

Sözel Değişkenler	Interval-Değerli Üçgensel Bulanık Sayılar
Çok Zayıf(VP)	[(0,0);0;(1,1.5)]
Zayıf(P)	[(0,0.5);1;(2.5,3.5)]
Orta Zayıf(MP)	[(0,1.5);3;(4.5,5.5)]
Orta (M)	[(2.5,3.5);5;(6.5,7.5)]
Orta İyi (MG)	[(4.5,5.5);7;(8,9.5)]
İyi (G)	[(5.5,7.5);9;(9.5,10)]
Çok İyi (VG)	[(8.5,9.5);10;(10,10)]

Çok kriterli karar verme probleminde, $A=\{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ uygun alternatiflerin sonlu bir kümesi, $C=\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ ise kriterin sonlu bir kümesidir. Kriterin ağırlık vektörü $w=(w_1, w_2, \dots, w_n)$ olmak üzere, $w_j \geq 0$, $j=1, 2, \dots, n$, toplamı $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ 'dir. C_j kriterine göre A_i alternatifinin performansı $\tilde{x}_{ij}$ biçiminde ifade edilerek, daha sonra $\tilde{X}=[\tilde{x}_{ij}]_{m \times n}$ sezgisel bulanık karar matrisi elde edilir. Sezgisel bulanık karar matrisinde sayısal değerlere karşılık gelen sözel değişkenler olan $\tilde{x}_{ij}$ şekil 5.2'de ki yapı kullanarak interval değerli üçlü bulanık sayılar biçiminde ifade edilir.

$$\tilde{x} = \begin{cases} (x_1, x_2, x_3) \\ (x'_1, x'_2, x'_3). \end{cases} \quad (5.1)$$



Şekil 5.2: Interval-değer üçlü bulanık sayı (Zhang ve diğ., 2011).

Şekil 5.2’de gösterildiği gibi $\tilde{x}$ değeri $\tilde{x} = [(x_1, x'_1); x_2; (x'_3, x_3)]$ şeklinde ifade edilir.

Adım 3: Bulanık karar matrisinin normalize edilmesi

r_{ij} normalizasyon değeri i fayda kriterinin bir kümesi ve j maliyet kriterinin bir kümesi olarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max(x_{ij})}, \quad i=1,2, \dots, m; j=1,2, \dots, n, j \in I \text{ için}, \quad (5.2)$$

$$r_{ij} = \frac{\min(x_{ij})}{(x_{ij})}, \quad i=1,2, \dots, m; j=1,2, \dots, n, j \in J \text{ için}, \quad (5.3)$$

Bulanık karar matrisinin verilen eleman değerleri $\tilde{x}_{ij} = [(a_{ij}, a'_{ij}); b_{ij}; (c'_{ij}, c_{ij})]$, normalize performans değerleri aşağıdaki hesaplanır:

$$\tilde{r}_{ij} = \left[\left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{a'_{ij}}{c_j^+} \right); \frac{b_{ij}}{c_j^+}; \left(\frac{c'_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right) \right] \quad i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n, j \in I \quad (5.4)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left[\left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{c'_{ij}} \right); \frac{a_j^-}{b_{ij}}; \left(\frac{a_j^-}{a'_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \right], \quad i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n, j \in J \quad (5.5)$$

$$c_j^+ = \max_i \{c_{ij}, i=1, \dots, m\} \text{ ve } a_j^- = \min_i \{a_{ij}, i=1, \dots, m\}.$$

Burada, $\tilde{r}_{ij} = [(g_{ij}, g'_{ij}); h_{ij}; (l_{ij}, l'_{ij})]$ gösterilmiştir. Sonuç olarak normalize edilen karar matrisi $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$ elde edilir.

Adım 4: Referans Serisinin Belirlenmesi

$r_{0j} = \max_j r_{ij}$, $j=1,2, \dots, n$ de R_0 'ın belirlenmesi.

$$R_0 = \{r_{01}, r_{02}, \dots, r_{0n}\} \quad (5.6)$$

Olmak üzere referans serisi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$R_0 = (r_{01}, r_{02}, \dots, r_{0n}) = [(g_{01}, g'_{01}); h_{01}; (l_{01}, l'_{01})], \dots, [(g_{0n}, g'_{0n}); h_{0n}; (l_{0n}, l'_{0n})]. \quad (5.7)$$

Adım 5: Uzaklık Matrisinin Oluşturulması.

Referans değeri ve her bir karşılaştırma değeri arasındaki δ_{ij} uzaklık, aşağıda verilen formül (5.8) yardımıyla elde edilir.

$$\delta_{ij} = r_{0j} - r_{ij} \quad (5.8)$$

Daha sonra 5.9'da Δ uzaklık matrisi elde edilir.

$$\Delta = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \dots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \dots & \delta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} & \dots & \delta_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.9)$$

Her bir karşılaştırma değeri ve referans değeri arasındaki uzaklık 5.10 formül kullanılarak hesaplanır.

$$\begin{aligned} \delta_{ij}^{(1)} &= \sqrt{\frac{1}{3} [(g'_{ij} - g_{0j})^2 + (h_{ij} - h_{0j})^2 + (l'_{ij} - l_{0j})^2]} \\ \delta_{ij}^{(2)} &= \sqrt{\frac{1}{3} [(g_{ij} - g'_{0j})^2 + (h_{ij} - h_{0j})^2 + (l_{ij} - l'_{0j})^2]} \end{aligned} \quad (5.10)$$

Denklem (5.10) $\bar{\delta}_{ij} = [\delta_{ij}^{(1)}, \delta_{ij}^{(2)}]$ interval değerinde karşılaştırma değeri ile referans değeri arasındaki uzaklığı belirlemek için kullanılır. Aynı zamanda maksimum

$\delta_{max}^{(1)}, \delta_{max}^{(2)}$ ve minumum $\delta_{min}^{(1)}, \delta_{min}^{(2)}$; $\delta_{max}^{(1)} = \max_{ij} \delta_{ij}^{(1)}, \delta_{max}^{(2)} = \max_{ij} \delta_{ij}^{(2)}, \delta_{min}^{(1)} = \min_{ij} \delta_{ij}^{(1)}, \delta_{min}^{(2)} = \min_{ij} \delta_{ij}^{(2)}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$ biçiminde ifade edilir.

Adım 6: Gri İlişki Katsayısının Hesaplanması.

Gri ilişki katsayısı ξ_{ij} , 5.11 denklemi yardımıyla aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\xi_{ij} = \frac{\delta_{min} + \zeta \delta_{max}}{\delta_{ij} + \zeta \delta_{max}}, \quad i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n \quad (5.11)$$

$\xi_{ij}^{(1)}$ ve $\xi_{ij}^{(2)}$ gri ilişkisel katsayılar 5.12 denklemi kullanılarak ifade edilir.

$$\xi_{ij}^{(1)} = \frac{\delta_{min}^{(1)} + \zeta \delta_{max}^{(1)}}{\delta_{ij}^{(1)} + \zeta \delta_{max}^{(1)}} \quad \xi_{ij}^{(2)} = \frac{\delta_{min}^{(2)} + \zeta \delta_{max}^{(2)}}{\delta_{ij}^{(2)} + \zeta \delta_{max}^{(2)}} \quad i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n. \quad (5.12)$$

δ_{max} ve δ_{min} , sırasıyla $\delta_{ij} (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n)$ 'nin maksimum ve minumum değeridir ve ζ 0 ve 1 arasında ayırt edici katsıyıdır. Bu formülde önerilen ζ katsayısı genellikle 0,5 olarak kabul edilir.

Adım 7: Gri İlişkisel Derecenin Tahmin Edilmesi ve Entropi ile Ağırlıkların Hesaplanması.

w_j j kriterinin ağırlığı ve $w_j \geq 0, \sum_{j=1}^n w_j = 1$ ilişkisine göre γ_i gri ilişki derecesi tahmin edilir (Zhang ve diğ., 2011)

$$\gamma_i = \sum_{j=1}^n w_j \xi_{ij}, \quad i=1, 2, \dots, m. \quad (5.13)$$

Gri ilişkisel derece (5.14) formülü yardımıyla aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\gamma_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n w_j^{(1)} \xi_{ij}^{(1)}, \quad \gamma_i^{(2)} = \sum_{j=1}^n w_j^{(2)} \xi_{ij}^{(2)} \quad i=1, 2, \dots, m. \quad (5.14)$$

GİA metodunda “gri ilişkinin en büyük derecesine” sahip olan alternatiflerin seçilmesi amaçlanır. Açıkça ağırlık vektörü için verilen, daha büyük değerler $\gamma_i^{(1)}$ ve $\gamma_i^{(2)}$, daha iyi bir alternatifin A_i olduğunu göstermektedir. Fakat kriter ağırlıkları ile ilgili bilgiler bilinmemektedir. Bundan dolayı $\gamma_i^{(1)}$ ve $\gamma_i^{(2)}$ değerlerine sahip olmak için, ilk olarak ağırlık bilgilerinin hesaplanması gerekir. Bu adımda ağırlıkları hesaplanabilmesi için Entropi yönteminden yararlanılmıştır. Bölüm 4.3 de açıklanan $\bar{s}_{ij} = \frac{s_{ij} - \min_j \{s_{ij}\}}{\max_j \{s_{ij}\} - \min_j \{s_{ij}\}}$, $\dot{s}_{ij} = \frac{\bar{s}_{ij}}{\sum_{j=1}^n \bar{s}_{ij}}$, $E_i = -\frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n \dot{s}_{ij} \ln \dot{s}_{ij}$ ve $W_i = \frac{1-E_i}{\sum_{i=1}^m (1-E_i)}$ denklemleri yardımıyla ağırlıklar hesaplanır ve modele entegre edilir.

Adım 8: Gri İlişkisel Derecenin Değerine Göre Alternatiflerin Sıralanması.

Daha büyük γ_i değerine sahip olan A_i alternatifi daha iyi değeridir. Alternatif A_s 'nin A_t 'den küçük olmadığı, $A_s \geq A_t$ ifadesiyle gösterilir. $A_s \geq A_t$ 'nın olasılığı şeklinde tanımlanır ve $\bar{\gamma}_s \geq \bar{\gamma}_t$ ile ölçülür ki burada $\bar{\gamma}_s$ ve $\bar{\gamma}_t$ A içinde A_s ve A_t alternatifleri ile ilgili gri ilişkisel dereceyi gösteren interval sayılarıdır. Interval sayılar için olasılık kavramını kullanarak A_s ve A_t alternatifleri için $A_s \geq A_t$ 'nin olasılığı A da aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$p(A_s \geq A_t) = p(\bar{\gamma}_s \geq \bar{\gamma}_t) = \max\left\{1 - \max\left\{\frac{\gamma_t^{(2)} - \gamma_s^{(1)}}{L(\bar{\gamma}_s) + L(\bar{\gamma}_t)}, 0\right\}, 0\right\} \quad (5.15)$$

5.15 formülünde $\bar{\gamma}_s = [\gamma_s^{(1)}, \gamma_s^{(2)}]$, $\bar{\gamma}_t = [\gamma_t^{(1)}, \gamma_t^{(2)}]$, $L(\bar{\gamma}_s) = \gamma_s^{(2)} - \gamma_s^{(1)}$ ve $L(\bar{\gamma}_t) = \gamma_t^{(2)} - \gamma_t^{(1)}$, dir.

Olasılık matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$P = (P_{st})_{m \times n} = \begin{bmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \cdots & p_{mm} \end{bmatrix}$$

A_s ve A_t alternatifleri için $P_{st} = p(A_s \geq A_t)$ ($s, t=1, 2, \dots, m$).

P matrisi olduğu gibi, bulanık tamamlayıcı bir karar matrisidir, A_i ($i=1, 2, \dots, m$) alternatifleri için üyelerin optimal derecesi aşağıdaki tanımlanır:

$$V_i = \frac{1}{m(m-1)} \left(\sum_{r=1}^m p_{ir} + \frac{m}{2} - 1 \right) \quad (5.16)$$

Böylece, alternatiflerin bir çeşit vektörü $V=(V_1, V_2, \dots, V_m)$ elde edilir.

Tüm Alternatiflerin sıralanması $A_i(i=1,2, \dots, m)$ ve $V_i(i = 1,2, \dots, m)$ değerine göre yapılır. V_i değeri büyük olan alternatif A_i daha iyidir (Zhang ve diğ., 2011).

6.VAKA ÇALIŞMASI ve MODELİN UYGULANMASI

Önceki bölümde adımları verilmiş olan model Japon sermayeli bir otomotiv firmasının tedarikçi seçiminde kullanılarak, tedarikçi seçimi yapılmıştır. Bu firma tedarikçilerini seçerken aşağıda verilen tablo 6.1 de ki formu kullanarak seçimlerini yapmaktadır. Firma tedarikçilerini seçerken iş birliği yapacağı firmanın alt departmanlarına ait kriterleri göz önüne almaktadır. Bu kriterler ve alt kriterler aşağıda belirtilmiştir.

1.İdari İşler

- İdari Hedefler
- Yönetim kriterleri ve firmanın dış itibarı

2.Mühendislik

- CAD ile sipariş kabul etme sistemi
- Üretim mühendisliği sistemi
- Kalıp ve jig hazırlayabilme seviyesi
- İşletme (proses) düzeni

3.Kalite

- Kalite kontrol sistemi
- Makine ve ekipman durumu

4.Fiyat

- Fiyat seviyesi
- Maliyet düşürme konusundaki organizasyon durumu

5.Üretim

- Tertip, düzen durumu
- Çalışma ortamı
- Güvenlik
- Kanban sistemi
- İlerleme aşamalarını takip yönetimi
- Tedarik süresi kontrolü
- Üretim prosesi kontrolü

6.Satın Alma

- Kendi tedarikçisinin kontrolü

Firmadan alınan tedarikçi formu ve kriterleri göz önüne alarak en uygun tedarikçi önerilen yöntem yardımıyla belirlenecektir. Firma tedarikçilerini değerlendirirken tedarikçilerinin performanslarını üç dilsel değişkene göre değerlendirmektedir. Bu dilsel değişkenler “çok zayıf”, “orta” ve “çok iyi” olarak ifade edilmiştir. Vaka çalışmasında, Tablo 6.1 de verilen ve firma yetkilileri tarafından tedarikçilerine verilmiş olan sayısal puanlar ve sözel karşılıklarını içeren performans tablosu kullanılmıştır.

Tablo 6.1: Tedarikçi seçim tablosunda tedarikçi puan değerleri.

Tedarikçi Seçim Tablosu

Araştırma Tarihi:		Firma Adı:																		
Tedarikçi Seçim Konuları			Değerlendirmeye Ölçüt Olacak Kriterler	Puanlama	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10						
İdari İşler	İdari Hedefler	Belirli İdari Politikası (hedefi) olup, bu politikayı gerçekleştirmek (hedefe ulaşmak) için somut bir strateji ve	Soru cevap yöntemi ve Şirket Politikası'nın incelenmesi	(10) (6) (2)	6	6	10	10	6	6	10	6	6	10						
	Yönetim Kriterleri ve Firmanın Dış İtibarı	Üçüncü kuruluşlara (databank v.s.) göre şirket mali değerlendirme raporları, kar marjı, borç durumu gibi mali konularda istikrarlı ve itibarlı bir firma	Düzenli yayın ve datalar ile meslek grupları birlikleri istatistikî araştırma raporları	(10) (6) (2)	10	6	6	6	10	6	6	10	10	10						
Mühendislik	CAD ile Sipariş Kabul Etme Sistemi	Bilgi İşlem Sistemi ile buna ait bir bölüm ve umumi hatların kullanıldığı bir network sisteminin olup olmadığı	Soru cevap yöntemi ve Şirket Organizasyon Seması'nın incelenmesi	(10) (6) (2)	6	10	10	6	6	2	10	6	2	6						
	Üretim Mühendisliği Sistemi	İlgili konuya ait bir bölümün olup olmadığı, var ise personeli, ihtiyaçlara cevap verecek yeterlilikte mi?	Görev Organizasyon ve Görev Dağılım Tabloları	(10) (6) (2)	10	10	6	10	6	10	6	6	6	10						
	Kalıp ve Jig Hazırlayabilme Seviyesi	Kalıp veya jig dizaynı hazırlayabilme ya da değişiklik fikirleri (kaizen) üretebilme konusunda bilgi birikimi ve tecrübe seviyesi yeterli mi?	Soru cevap yöntemi ve ilgili belgelerin incelenmesi	(10) (6) (2)	6	6	6	10	6	6	2	2	6	10						
Kalite	İşletme (Proses) Düzeni	Ürün Standartları ya da dizayn çizimlerinde öngörülen ürün kalite ve yeterliliği beklentilerine cevap verebilecek işletme düzenine sahip mi?	Proses Planları ve Kalite Standartları Dokümanları	(10) (6) (2)	10	2	2	6	10	6	6	10	10	6						
	Kalite Kontrol Sistemi	Ayrı bir belge (Kalite Kontrol Sistem Araştırması Formu) ile	Kalite Kontrol Sistem Araştırma Formu	(10) (6) (2)	6	6	6	6	10	10	6	6	10	6						
Fiyat	Makina ve Ekipman Durumu	Verimli olarak çalışan makina ve ekipmanlara sahip mi ve bakım uygulamaları yeterli mi?	Makina ekipman listesi ile bunların inceleme standartları dokümanları	(10) (6) (2)	6	10	6	6	6	6	6	10	6	6						
	Fiyat Seviyesi	Ürettiği ürünün özelliklerine göre fiyatları uygun mu?	İlgili dokümanlar	(10) (6) (2)	10	6	10	6	6	10	10	6	6	6						
Uretim	Maliyet Düşürme Konusundaki Organizasyon	Sistemin kurulu olup olmadığı ve firmanın bu konuda işbirliğine açık olup olmadığı.	Soru cevap yöntemi ve ilgili belgelerin incelenmesi	(10) (6) (2)	6	10	10	2	6	6	6	10	10	10						
	Tertip, Düzen (TPS'e göre 5S)	İşletme içindeki 5S uygulaması yeterli mi?	İşletmenin incelenmesi	(10) (6) (2)	2	6	2	6	10	2	10	6	6	6						
	Çalışma Ortamı	Çalışma ortamı (ısı, nem, aydınlık, gürültü, toz, kötü kokular havalandırma) konusunda aldığı	İşletmenin incelenmesi	(10) (6) (2)	6	10	2	6	10	6	6	6	6	10						
	Güvenlik	İşletmede güvenlik kıyafetleri, ayakkabısı, kaskı, v.b. gibi gerekli donanım ve teçizat kullanılıyor mu?	İşletmenin incelenmesi	(10) (6) (2)	10	6	2	6	6	6	6	6	6	10						
	Kanban Sistemi	Üretim Talimatı Kanbanı kullanılıyor mu?	İşletmenin incelenmesi	(10) (6) (2)	6	10	2	10	10	6	10	2	2	6						
	Herleme Aşamalarını Takip Yönetimi	Önceden beri var olan bir üretim planına göre, işlem basamaklarını ve mevcut durumu gösterir düzeneğe	Üretim mevcut durum tabloları	(10) (6) (2)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6						
Satın Alma	Tedarik Süresi Kontrolü	Müşterilerine karşı üretim tedarik konusunda gecikme yaşıyor mu?	Kanbanla sevkiyat zamanı tabloları	(10) (6) (2)	2	6	10	2	6	10	2	6	10	6						
	Üretim Prosesi Kontrolü	Üretimini, Standart İş Akış Planları'na göre mi gerçekleştiriyor?	İş Akış Standartları Planı	(10) (6) (2)	6	10	2	6	10	6	2	10	6	6						
	Kendi Tedarikçisini Kontrolü	Kendi tedarikçileri ile ilgili kontrol sistemi yeterli mi?	Tedarikçi ziyaretleri kayıt tablosu ve diğer ilgili dokümanların	(10) (6) (2)	2	10	2	6	6	10	10	2	6	10						
(Her bir değerlendirme puanı) 5 (ya da 10): Çok iyi, 3 (ya da 6): Normal, 1 (ya da 2): Yetersiz				Toplam Puanı																
(Toplam Puan Gruplandırması)		A: 85 puan ve üzeri B: 70 puan ile 84 puan arası C: 50 puan ile 69 puan arası D: 50 puanın altı		Puan Grubu																
A Grubu Tedarikçi : Tedarikçi olarak kabul etme konusunda bir engel olmadığına karar verilebilir. B ve C Grubu Tedarikçi : Tedarikçi olarak kabul edilebilir ancak, kalite, fiyat ve sevkiyat konularında karşılaşılabilecek sorunlara karşı yardım ve kılavuzluk gerekli olacaktır. D Grubu Tedarikçi : Sorun olduğu belirlenen konular tedarikçi adayına bildirilerek, bu																				
Görüşler:																				

Adım 1: Tedarikçi Performanslarının Değerlendirilmesi.

Bu adımda uygulama yapılan firmadan alınan tedarikçi formunda ki değerler kullanılarak çoklu alt kriterli performans tablosu Tablo 6.2'deki gibi elde edilmiştir.

Tablo 6.2: Çoklu alt kriterlerli puanlandırma tablosu.

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
K1	K ₁₁	6	6	10	10	6	6	10	6	6	10
	K ₁₂	10	6	6	6	10	6	6	10	10	10
K2	K ₂₁	6	10	10	6	6	2	10	6	2	6
	K ₂₂	10	10	6	10	6	10	6	6	6	10
	K ₂₃	6	6	6	10	6	6	2	2	6	10
	K ₂₄	10	2	2	6	10	6	6	10	10	6
K3	K ₃₁	6	6	6	6	10	10	6	6	10	6
	K ₃₂	6	10	6	6	6	6	6	10	6	6
K4	K ₄₁	10	6	10	6	6	10	10	6	6	6
	K ₄₂	6	10	10	2	6	6	6	10	10	10
K5	K ₅₁	2	6	2	6	10	2	10	6	6	6
	K ₅₂	6	10	2	6	10	6	6	6	6	10
	K ₅₃	10	6	2	6	6	6	6	6	6	10
	K ₅₄	6	10	2	10	10	6	10	2	2	6
	K ₅₅	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	K ₅₆	2	6	10	2	6	10	2	6	10	6
	K ₅₇	6	10	2	6	10	6	2	10	6	6
K6	K ₆₁	2	10	2	6	6	10	10	2	6	10

Kriterlere bağlı olan çoklu alt kriterlerin alt toplamları tablo 6.3 verilmiştir.

Tablo 6.3: Çoklu alt kriterlere bağlı alt toplamların puan tablosu.

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
K1	K ₁₁	6	6	10	10	6	6	10	6	6	10
	K ₁₂	10	6	6	6	10	6	6	10	10	10
Alt Toplam		16	12	16	16	16	12	16	16	16	20
K2	K ₂₁	6	10	10	6	6	2	10	6	2	6
	K ₂₂	10	10	6	10	6	10	6	6	6	10
	K ₂₃	6	6	6	10	6	6	2	2	6	10
	K ₂₄	10	2	2	6	10	6	6	10	10	6
Alt Toplam		32	28	24	32	28	24	24	24	24	32
K3	K ₃₁	6	6	6	6	10	10	6	6	10	6
	K ₃₂	6	10	6	6	6	6	6	10	6	6
Alt Toplam		12	16	12	12	16	16	12	16	16	12
K4	K ₄₁	10	6	10	6	6	10	10	6	6	6
	K ₄₂	6	10	10	2	6	6	6	10	10	10
Alt Toplam		16	16	20	8	12	16	16	16	16	16
K5	K ₅₁	2	6	2	6	10	2	10	6	6	6
	K ₅₂	6	10	2	6	10	6	6	6	6	10
	K ₅₃	10	6	2	6	6	6	6	6	6	10
	K ₅₄	6	10	2	10	10	6	10	2	2	6
	K ₅₅	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	K ₅₆	2	6	10	2	6	10	2	6	10	6
	K ₅₇	6	10	2	6	10	6	2	10	6	6
Alt Toplam		38	54	26	42	58	42	42	42	42	50
K6	K ₆₁	2	10	2	6	6	10	10	2	6	10
Alt Toplam		2	10	2	6	6	10	10	2	6	10

Çoklu alt kriterlere verilmiş olan değerlerin ortalaması alınarak her bir kriteri ait performans değerleri elde edilmiştir. Örneğin;

K1 kriterinin 2 alt kriteri olduğundan S1 tedarikçisi için K1 değeri $16/2=8$, S2 tedarikçisi için K1 değeri $12/2=6$ ve S3 tedarikçisi için $16/2=8$ şeklinde bulunmuştur. Bu ortalama her bir kriter ve tedarikçi için yapılarak tablo 6.4'de ki karar matrisi elde edilmiştir.

Tablo 6.4: Karar matrisi.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
S1	8	8	6	8	5	2
S2	6	7	8	8	8	10
S3	8	6	6	10	4	2
S4	8	8	6	4	6	6
S5	8	7	8	6	8	6
S6	6	6	8	8	6	10
S7	8	6	6	8	6	10
S8	8	6	8	8	6	2
S9	8	6	8	8	6	6
S10	10	8	6	8	7	10

Adım 2. Değerlerin bulanık sayıya dönüştürülmesi

Bu adımda, karar matrisindeki sayısal performans değerleri, firmanın Tablo 6.1'deki tablosunda kullanmış olduğu sözel dilsel ifadeler göz önüne alınarak tablo 6.5'deki bulanık sayıya dönüştürme tablosu kullanılarak ve bulanık karar matrisi elde edilmiştir.

Tablo 6.5: Aralık değerli kriterlerin bulanık sayıya dönüştürülmesi.

Sözel Değişkenler	Interval-Değerli Üçgensel Bulanık Sayılar	Değerlendirme Puanı
Çok Zayıf(VP)	$[(0,0);0;(1,1.5)]$	2
Zayıf(P)	$[(0,0.5);1;(2.5,3.5)]$	4
Orta Zayıf(MP)	$[(0,1.5);3;(4.5,5.5)]$	5
Orta (M)	$[(2.5,3.5);5;(6.5,7.5)]$	6
Orta İyi (MG)	$[(4.5,5.5);7;(8,9.5)]$	7
İyi (G)	$[(5.5,7.5);9;(9.5,10)]$	8
Çok İyi (VG)	$[(8.5,9.5);10;(10,10)]$	10

K1 kriterinin 1. tedarikçideki değeri 8 bulunmuştu. Tablo 6.5'deki bu değere karşılık gelen bulanık sayı $[(5.5,7.5); 9; (9.5,10)]$ olacaktır. Diğer performans değerleri için benzer işlem yapılarak aşağıdaki tablo 6.6 elde edilmiştir.

Tablo 6.6: Bulanık karar matrisi.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
S1	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(0.0, 1.5); 3.0; (4.5, 5.5)]	[(0.0, 0.0); 0.0; (1.0, 1.5)]
S2	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(4.5, 5.5); 7.0; (8.0, 9.5)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(8.5, 9.5); 10.0; (10.0, 10.0)]
S3	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(8.5, 9.5); 10.0; (10.0, 10.0)]	[(0.0, 0.5); 1.0; (2.5, 3.5)]	[(0.0, 0.0); 0.0; (1.0, 1.5)]
S4	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(0.0, 0.5); 1.0; (2.5, 3.5)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]
S5	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(4.5, 5.5); 7.0; (8.0, 9.5)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]
S6	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(8.5, 9.5); 10.0; (10.0, 10.0)]
S7	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(8.5, 9.5); 10.0; (10.0, 10.0)]
S8	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(0.0, 0.0); 0.0; (1.0, 1.5)]
S9	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]
S10	[(8.5, 9.5); 10.0; (10.0, 10.0)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(2.5, 3.5); 5.0; (6.5, 7.5)]	[(5.5, 7.5); 9.0; (9.5, 10.0)]	[(4.5, 5.5); 7.0; (8.0, 9.5)]	[(8.5, 9.5); 10.0; (10.0, 10.0)]

Adım 3. *Bulanık karar matrisinin normalize edilmesi.*

Bu adımda normalize edilen karar matrisi $\tilde{R}$ hesaplanmıştır.

$\tilde{x}_{ij}=[(a_{ij}, a'_{ij}); b_{ij}; (c'_{ij}, c_{ij})]$, normalize edilen performans oranları 5. bölümde

açıklanan $\tilde{r}_{ij}=[(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{a'_{ij}}{c_j^+}); \frac{b_{ij}}{c_j^+}; (\frac{c'_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+})]$ formülü yardımıyla hesaplanmıştır.

Burada, $\tilde{r}_{ij}=[(g_{ij}, g'_{ij}); h_{ij}; (l_{ij}, l'_{ij})]$ notasyonu ile gösterilmiştir. Bundan dolayı normalize edilen karar matrisi $\tilde{R}=[\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$ aşağıda gösterildiği gibi elde edilmiştir. Bu matrisi her bir tedarikçi ve tedarikçi seçiminde etkili olacak her bir kriter için uygulanmıştır. İlk olarak birinci tedarikçi için ilk kriter ve ikinci tedarikçi için ilk kriter değerleri aşağıda belirtildiği gibi hesaplanmıştır. Bu yöntem ile 6 kriter ve 10 tedarikçi için 5.4 formül uygulayarak elde edilen normalizasyon değerleri tablo 6.7'de gösterilmiştir.

$$\tilde{r}_{11}=[(\frac{5.5}{10}, \frac{7.5}{10}); \frac{9.0}{10}; (\frac{9.5}{10}, \frac{10}{10})]=[(0.55, 0.75); 0.9; (0.95, 1.0)]$$

$$\tilde{r}_{21}=[(\frac{2.5}{10}, \frac{3.5}{10}); \frac{5}{10}; (\frac{6.5}{10}, \frac{7.5}{10})]=[(0.25, 0.35); 0.5; (0.65, 0.75)]$$

Tablo 6.7: Normalize edilmiş bulanık karar matrisi.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
S1	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.00, 0.15); 0.30; (0.45, 0.55)]	[(0.00, 0.00); 0.00; (0.10, 0.15)]
S2	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.45, 0.55); 0.70; (0.80, 0.95)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.85, 0.95); 1.00; (1.00, 1.00)]
S3	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.85, 0.95); 1.00; (1.00, 1.00)]	[(0.00, 0.05); 0.10; (0.25, 0.35)]	[(0.00, 0.00); 0.00; (0.10, 0.15)]
S4	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.00, 0.05); 0.10; (0.25, 0.35)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]
S5	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.45, 0.55); 0.70; (0.80, 0.95)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]
S6	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.85, 0.95); 1.00; (1.00, 1.00)]
S7	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.85, 0.95); 1.00; (1.00, 1.00)]
S8	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.00, 0.00); 0.00; (0.10, 0.15)]
S9	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]
S10	[(0.85, 0.95); 1.00; (1.00, 1.00)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.25, 0.35); 0.50; (0.65, 0.75)]	[(0.55, 0.75); 0.90; (0.95, 1.00)]	[(0.45, 0.55); 0.70; (0.80, 0.95)]	[(0.85, 0.95); 1.00; (1.00, 1.00)]

Adım 4. Referans serisinin belirlenmesi

Normalize edilen karar matrisi elde ettikten sonra referans serisi aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Referans serisi her bir kriter için maksimum değer alınarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$R_0 = (r_{01}, r_{02}, \dots, r_{0n}) = [(g_{01}, g'_{01}); h_{01}; (l_{01}, l'_{01})], \dots, [(g_{0n}, g'_{0n}); h_{0n}; (l_{0n}, l'_{0n})].$$

$$R_0 = [(0.85, 0.95); 1; (1, 1)], [(0.55, 0.75); 0.9; (1, 1)], [(0.55, 0.75); 0.9; (1, 1)], [(0.85, 0.95); 1; (1, 1)], [(0.55, 0.75); 0.9; (1, 1)], [(0.85, 0.95); 1; (1, 1)]$$

Adım 5. Uzaklık matrisinin oluşturulması.

Referans serisini göz önüne alınarak bu adımda her bir karşılaştırma değeri ve referans değeri arasındaki uzaklık hesaplanacaktır. Uzaklıkları hesaplayabilmek için 5. Bölümde verilen 5.10 formülü kullanılmıştır.

Denklem (5.10) $\bar{\delta}_{ij} = [\delta_{ij}^{(1)}, \delta_{ij}^{(2)}]$ interval (aralık) değeri ile referans değeri arasını belirlemek için kullanılmıştır.

$$\tilde{r}_{ij} = [(g_{ij}, g'_{ij}); h_{ij}; (l_{ij}, l'_{ij})] \text{ formülünden yararlanarak;}$$

$$\tilde{r}_{11} = [(0.55, 0.75); 0.9; (0.95, 1)] \text{ değerimiz için;}$$

$$\delta_{11}^{(1)} = \sqrt{\frac{1}{3} [(0.75 - 0.85)^2 + (0.9 - 1)^2 + (1 - 1)^2]} = 0.0816$$

$$\delta_{11}^{(2)} = \sqrt{\frac{1}{3} [(0.55 - 0.95)^2 + (0.9 - 1)^2 + (0.95 - 1)^2]} = 0.2398 \text{ elde edilmiştir.}$$

$\tilde{r}_{12} = [(0.55, 0.75); 0.9; (0.95, 1)]$ değeri için uzaklık aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$\delta_{12}^{(1)} = \sqrt{\frac{1}{3} [(0.75 - 0.55)^2 + (0.9 - 0.9)^2 + (1 - 0.95)^2]} = 0.119$$

$$\delta_{12}^{(2)} = \sqrt{\frac{1}{3} [(0.55 - 0.75)^2 + (0.9 - 0.9)^2 + (0.95 - 1)^2]} = 0.119$$

Yukarıda belirtilen formüllerden yararlanarak Tablo 6.8’de verilmiş olan uzaklık matrisi elde edilmiştir.

Tablo 6.8: Karşılaştırma değeri ve referans değeri arasındaki uzaklık matrisi.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
$[\delta_{1j}^{(1)}, \delta_{1j}^{(2)}]$	[0.082, 0.239]	[0.119, 0.119]	[0.283, 0.421]	[0.082, 0.239]	[0.476, 0.639]	[0.903, 0.951]
$[\delta_{2j}^{(1)}, \delta_{2j}^{(2)}]$	[0.433, 0.536]	[0.115, 0.238]	[0.119, 0.119]	[0.082, 0.239]	[0.119, 0.119]	[0.058, 0.058]
$[\delta_{3j}^{(1)}, \delta_{3j}^{(2)}]$	[0.082, 0.239]	[0.283, 0.421]	[0.283, 0.421]	[0.058, 0.058]	[0.645, 0.767]	[0.903, 0.951]
$[\delta_{4j}^{(1)}, \delta_{4j}^{(2)}]$	[0.082, 0.239]	[0.119, 0.119]	[0.283, 0.421]	[0.790, 0.871]	[0.283, 0.421]	[0.433, 0.536]
$[\delta_{5j}^{(1)}, \delta_{5j}^{(2)}]$	[0.082, 0.239]	[0.115, 0.238]	[0.119, 0.119]	[0.433, 0.536]	[0.119, 0.119]	[0.433, 0.536]
$[\delta_{6j}^{(1)}, \delta_{6j}^{(2)}]$	[0.433, 0.536]	[0.283, 0.421]	[0.119, 0.119]	[0.082, 0.239]	[0.283, 0.421]	[0.058, 0.058]
$[\delta_{7j}^{(1)}, \delta_{7j}^{(2)}]$	[0.082, 0.239]	[0.283, 0.421]	[0.283, 0.421]	[0.082, 0.239]	[0.283, 0.421]	[0.058, 0.058]
$[\delta_{8j}^{(1)}, \delta_{8j}^{(2)}]$	[0.082, 0.239]	[0.283, 0.421]	[0.119, 0.119]	[0.082, 0.239]	[0.283, 0.421]	[0.903, 0.951]
$[\delta_{9j}^{(1)}, \delta_{9j}^{(2)}]$	[0.082, 0.239]	[0.283, 0.421]	[0.119, 0.119]	[0.082, 0.239]	[0.283, 0.421]	[0.433, 0.536]
$[\delta_{10j}^{(1)}, \delta_{10j}^{(2)}]$	[0.058, 0.058]	[0.119, 0.119]	[0.283, 0.421]	[0.082, 0.239]	[0.115, 0.238]	[0.058, 0.058]

Uzaklıklar bulunduktan sonra her satırdaki min ve max uzaklıkları $\delta_{max}^{(1)}, \delta_{max}^{(2)}$ ve minimum $\delta_{min}^{(1)}, \delta_{min}^{(2)}$ değerleri $\delta_{max}^{(1)} = \max_{ij} \delta_{ij}^{(1)}, \delta_{max}^{(2)} = \max_{ij} \delta_{ij}^{(2)}, \delta_{min}^{(1)} = \min_{ij} \delta_{ij}^{(1)}$ ve $\delta_{min}^{(2)} = \min_{ij} \delta_{ij}^{(2)}$ $i=1, 2, \dots, m$ ve $j=1, 2, \dots, n$ formülleri yardımıyla elde edilir.

Tablo 6.9: Her bir satırdaki uzaklığın min ve max değerleri.

	$[\min_i \delta_{ij}^{(1)}, \min_i \delta_{ij}^{(2)}]$	$[\max_i \delta_{ij}^{(1)}, \max_i \delta_{ij}^{(2)}]$
	[0.082, 0.239]	[0.903, 0.951]
	[0.058, 0.058]	[0.433, 0.536]
	[0.058, 0.058]	[0.903, 0.951]
	[0.082, 0.239]	[0.790, 0.871]
	[0.082, 0.239]	[0.433, 0.536]
	[0.058, 0.058]	[0.433, 0.536]
	[0.058, 0.058]	[0.283, 0.421]
	[0.082, 0.239]	[0.903, 0.951]
	[0.082, 0.239]	[0.433, 0.536]
	[0.058, 0.058]	[0.283, 0.421]
$[\delta_{min}^{(1)}, \delta_{min}^{(2)}]$	[0.058, 0.058]	
$[\delta_{max}^{(1)}, \delta_{max}^{(2)}]$		[0.903, 0.951]

Adım 6. Gri ilişki katsayısının hesaplanması.

Gri ilişkisel katsayı 5. bölümde verilen 5.12 nolu denklem yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\xi_{1j}^{(1)} = \frac{\delta_{min}^{(1)} + \zeta \delta_{max}^{(1)}}{\delta_{ij}^{(1)} + \zeta \delta_{max}^{(1)}} = \frac{0.058 + 0.5 * 0.903}{0.082 + 0.5 * 0.903} = 0.955$$

$$\xi_{1j}^{(2)} = \frac{\delta_{min}^{(2)} + \zeta \delta_{max}^{(2)}}{\delta_{ij}^{(2)} + \zeta \delta_{max}^{(2)}} = \frac{0.058 + 0.5 * 0.951}{0.24 + 0.5 * 0.951} = 0.745$$

Diğer alternatifler içinde benzer hesaplamalar yapılarak aşağıdaki tablo 6.10 elde edilir.

Tablo 6.10: Gri ilişkisel katsayı değerleri.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6		K1	K2	K3	K4	K5	K6
$\xi_{1j}^{(1)}$	0,96	0,89	0,69	0,96	0,55	0,38	$\xi_{1j}^{(2)}$	0,75	0,90	0,59	0,75	0,48	0,37
$\xi_{2j}^{(1)}$	0,58	0,90	0,89	0,96	0,89	1,00	$\xi_{2j}^{(2)}$	0,53	0,75	0,90	0,75	0,90	1,00
$\xi_{3j}^{(1)}$	0,96	0,69	0,69	1,00	0,46	0,38	$\xi_{3j}^{(2)}$	0,75	0,59	0,59	1,00	0,43	0,37
$\xi_{4j}^{(1)}$	0,96	0,89	0,69	0,41	0,69	0,58	$\xi_{4j}^{(2)}$	0,75	0,90	0,59	0,40	0,59	0,53
$\xi_{5j}^{(1)}$	0,96	0,90	0,89	0,58	0,89	0,58	$\xi_{5j}^{(2)}$	0,75	0,75	0,90	0,53	0,90	0,53
$\xi_{6j}^{(1)}$	0,58	0,69	0,89	0,96	0,69	1,00	$\xi_{6j}^{(2)}$	0,53	0,59	0,90	0,75	0,59	1,00
$\xi_{7j}^{(1)}$	0,96	0,69	0,69	0,96	0,69	1,00	$\xi_{7j}^{(2)}$	0,75	0,59	0,59	0,75	0,59	1,00
$\xi_{8j}^{(1)}$	0,96	0,69	0,89	0,96	0,69	0,38	$\xi_{8j}^{(2)}$	0,75	0,59	0,90	0,75	0,59	0,37
$\xi_{9j}^{(1)}$	0,96	0,69	0,89	0,96	0,69	0,58	$\xi_{9j}^{(2)}$	0,75	0,59	0,90	0,75	0,59	0,53
$\xi_{10j}^{(1)}$	1,00	0,89	0,69	0,96	0,90	1,00	$\xi_{10j}^{(2)}$	1,00	0,90	0,59	0,75	0,75	1,00

Adım 7. Gri İlişkisel Derecenin Tahmin Edilmesi ve Entropi ile Ağırlıkların Hesaplanması.

Gri ilişkisel derece 5. bölümde verilmiş olan 5.14 nolu formül yardımıyla aşağıda gösterildiği gibi elde edilir.

Bu adımda ağırlıklar Entropi yöntemiyle bulunarak modele entegre edilir. Entropi yönteminde tablo 6.10 da elde edilen gri ilişkisel katsayı değerleri $\dot{s}_{ij} = \frac{\bar{s}_{ij}}{\sum_{j=1}^n \bar{s}_{ij}}$, $E_i = -\frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n \dot{s}_{ij} \ln \dot{s}_{ij}$ ve $W_i = \frac{1-E_i}{\sum_{i=1}^m (1-E_i)}$ formülleri kullanılarak ana kriterlerin ağırlıkları hesaplanır.

Tablo 6.10'da belirtilen değerlerle $w^{(1)}_j$ ve $w^{(2)}_j$ ağırlıklarını 4.3 Bölümde gösterilen $\dot{s}_{ij} = \frac{\bar{s}_{ij}}{\sum_{j=1}^n \bar{s}_{ij}}$ formülü kullanılarak hesaplanmaya başlanmıştır. İlk adım olarak $\dot{s}_{ij}$ değeri hesaplanarak aşağıdaki tabloda gösterilen normalizasyon değerleri bulunur. $w^{(1)}_j$ ağırlığı için $\dot{s}_{11}$ ve $\dot{s}_{12}$ aşağıda gösterilmiştir. $w^{(1)}_j$ ve $w^{(2)}_j$ her bir değer için yapılarak Tablo 6.11 de normalize edilen değerler bulunmuştur.

$$\dot{s}_{11}^{(1)} = \frac{0,96}{0,96+0,58+0,96+0,96+0,96+0,58+0,96+0,96+0,96+1,0} = 0,108$$

$$\dot{s}_{12}^{(1)} = \frac{0,89}{0,89+0,90+0,69+0,89+0,90+0,69+0,69+0,69+0,69+0,89} = 0,112$$

Tablo 6.11: Ağırlıkların normalizasyon matrisi.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6		K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,108	0,112	0,087	0,11	0,077	0,055	A1	0,103	0,125	0,08	0,104	0,075	0,056
A2	0,065	0,113	0,113	0,11	0,125	0,146	A2	0,072	0,104	0,12	0,104	0,14	0,149
A3	0,108	0,087	0,087	0,115	0,065	0,055	A3	0,103	0,083	0,08	0,14	0,067	0,056
A4	0,108	0,112	0,087	0,047	0,097	0,084	A4	0,103	0,125	0,08	0,055	0,093	0,079
A5	0,108	0,113	0,113	0,066	0,125	0,084	A5	0,103	0,104	0,12	0,074	0,14	0,079
A6	0,065	0,087	0,113	0,11	0,097	0,146	A6	0,072	0,083	0,12	0,104	0,093	0,149
A7	0,108	0,087	0,087	0,11	0,097	0,146	A7	0,103	0,083	0,08	0,104	0,093	0,149
A8	0,108	0,087	0,113	0,11	0,097	0,055	A8	0,103	0,083	0,12	0,104	0,093	0,056
A9	0,108	0,087	0,113	0,11	0,097	0,084	A9	0,103	0,083	0,12	0,104	0,093	0,079
A10	0,113	0,112	0,087	0,11	0,125	0,146	A10	0,138	0,125	0,08	0,104	0,116	0,149

Elde edilen $\dot{s}_{ij}$ ile ağırlıkları hesaplanmasına yardımcı olacak olan E_i değerleri 4.3 bölümde gösterilen $E_i = -\frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n \dot{s}_{ij} \ln \dot{s}_{ij}$ formülü ile hesaplanmıştır. Bu hesaplama her bir değer için yapılarak aşağıda belirtilen E^1_j ve E^2_j değerleri elde edilmiştir.

$$E^1_1 = -\frac{1}{\ln 10} (0,108 * \ln 0,108 + 0,065 * \ln 0,065 + \dots + 0,113 * \ln 0,113) = 0,993$$

$$E^1_2 = -\frac{1}{\ln 10} (0,112 * \ln 0,112 + 0,113 * \ln 0,113 + \dots + 0,112 * \ln 0,112) = 0,996$$

Böylece $E^1_3 = 0,997$, $E^1_4 = 0,988$, $E^1_5 = 0,992$ ve $E^1_6 = 0,966$ elde edilir. Aynı işlemler $w^{(2)}_j$ ağırlığını hesaplayabilmek için de yapılır ve $E^2_1 = 0,994$, $E^2_2 = 0,993$, $E^2_3 = 0,991$, $E^2_4 = 0,990$, $E^2_5 = 0,989$ ve $E^2_6 = 0,963$ elde edilmiş olur. Son olarak bulunan bu değerler $W_i = \frac{1-E_i}{\sum_{i=1}^m (1-E_i)}$, $i=1, 2, \dots, m$ formülüne entegre edilerek ağırlıklar hesaplanmış olur.

$$W^1_1 = \frac{(1-0,993)}{(1-0,993)+(1-0,996)+(1-0,997)+(1-0,988)+(1-0,992)+(1-0,966)} = 0,107$$

Her bir değer için yapılarak $W^1_2 = 0,051$, $W^1_3 = 0,05$, $W^1_4 = 0,18$, $W^1_5 = 0,12$ ve $W^1_6 = 0,492$ elde edilir. Aynı işlemler W^2_j içinde yapılarak $W^2_1 = 0,08$, $W^2_2 = 0,089$, $W^2_3 = 0,111$, $W^2_4 = 0,125$, $W^2_5 = 0,142$ ve $W^2_6 = 0,452$ elde edilmiş olur.

Ağırlıklar hesaplandıktan sonra bu adımda 5.14 denkleminde bulunan bu ağırlıklar entegre edilmiştir. $\gamma_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n w_j^1 \xi_{ij}^{(1)}$ ve $\gamma_i^{(2)} = \sum_{j=1}^n w_j^2 \xi_{ij}^{(2)}$ $i=1,2, \dots, m$ formülü kullanılarak $\gamma_i^{(1)}$ ve $\gamma_i^{(2)}$ değerleri elde edilmiştir.

$$\gamma_1^{(1)} = 0,96*0,107+0,89*0,051+0,69*0,05+0,96*0,18+0,5*0,12+0,3*0,492=0,605$$

$$\gamma_1^{(2)} = 0,75*0,08+0,9*0,089+0,59*0,1+0,75*0,125+0,48*0,14+0,37*0,452=0,536$$

Her bir $\gamma_i^{(1)}$, $\gamma_i^{(2)}$ için Tablo 6.12 bulunan gri ilişkisel dereceler matrisi elde edilmiştir.

Tablo 6.12: Gri ilişkisel dereceler.

$\gamma_i^{(1)}$	$\gamma_i^{(2)}$		
$\gamma_1^{(1)}$	$\gamma_1^{(2)}$	0,605	0,536
$\gamma_2^{(1)}$	$\gamma_2^{(2)}$	0,923	0,882
$\gamma_3^{(1)}$	$\gamma_3^{(2)}$	0,593	0,534
$\gamma_4^{(1)}$	$\gamma_4^{(2)}$	0,623	0,578
$\gamma_5^{(1)}$	$\gamma_5^{(2)}$	0,687	0,658
$\gamma_6^{(1)}$	$\gamma_6^{(2)}$	0,889	0,825
$\gamma_7^{(1)}$	$\gamma_7^{(2)}$	0,919	0,809
$\gamma_8^{(1)}$	$\gamma_8^{(2)}$	0,622	0,559
$\gamma_9^{(1)}$	$\gamma_9^{(2)}$	0,721	0,629
$\gamma_{10}^{(1)}$	$\gamma_{10}^{(2)}$	0,959	0,878

Adım 8. Gri İlişkisel Derecenin Değerine Göre Alternatiflerin Sıralanması.

Gri ilişkisel derecenin tahmin edilmesinden sonraki adım alternatiflerin sıralanmasıdır. Alternatiflerin sıralanması için 5. bölümde belirtilen 5.15 denkleminde yararlanılacaktır.

Örnek olarak $p(A_1 \geq A_1)$ ve $p(A_1 \geq A_2)$ değerleri gösterilmiştir.

$$p(A_1 \geq A_1) = p(\bar{\gamma}_1 \geq \bar{\gamma}_1) = \max \left\{ 1 - \max \left\{ \frac{\gamma_1^{(2)} - \gamma_1^{(1)}}{L(\bar{\gamma}_1) + (\bar{\gamma}_1)}, 0 \right\}, 0 \right\}$$

$$=\max\{1 - \max\left\{\frac{0,536-0,605}{(0,536-0,605)+(0,536-0,605)}, 0\right\}, 0\} = 0,5$$

Daha sonra $p(A_1 \geq A_2)$ değeri için

$$p(A_1 \geq A_2) = p(\bar{\gamma}_1 \geq \bar{\gamma}_2) = \max\left\{1 - \max\left\{\frac{\gamma_2^{(2)} - \gamma_1^{(1)}}{L(\bar{\gamma}_1) + (\bar{\gamma}_2)}, 0\right\}, 0\right\}$$

$$=\max\left\{1 - \max\left\{\frac{0,882-0,605}{(0,536-0,605)+(0,882-0,923)}, 0\right\}, 0\right\}$$

$$=\max\{1 - \max\{-2,506, 0\}, 0\} = \max\{1-0, 0\} = 1 \text{ elde edilir.}$$

Her bir değer için aynı yöntem uygulanarak Tablo 6.13’de gösterilen olasılık matrisi elde edilir.

Tablo 6.13: Olasılık matrisi.

$$P = \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0,56 & 0,24 & 0 & 0 & 0 & 0,35 & 0 & 0 \\ 1 & 0,5 & 1 & 1 & 1 & 0,93 & 0,75 & 1 & 1 & 0,37 \\ 0,44 & 0 & 0,5 & 0,14 & 0 & 0 & 0 & 0,28 & 0 & 0 \\ 0,76 & 0 & 0,86 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0,59 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 1 & 0,48 & 0 \\ 1 & 0,07 & 1 & 1 & 1 & 0,5 & 0,46 & 1 & 1 & 0,07 \\ 1 & 0,25 & 1 & 1 & 1 & 0,54 & 0,5 & 1 & 1 & 0,22 \\ 0,65 & 0 & 0,72 & 0,41 & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0,52 & 0 & 0 & 1 & 0,5 & 0 \\ 1 & 0,63 & 1 & 1 & 1 & 0,93 & 0,78 & 1 & 1 & 0,5 \end{bmatrix}$$

Elde edilen olasılık matrisi ile 5.16 denklemi kullanılarak değerlerin optimal dereceleri aşağıda gösterilmiştir.

$$V_1 = \frac{1}{10(10-1)} \left(\sum_{r=1}^{10} p_{1r} + \frac{10}{2} - 1 \right)$$

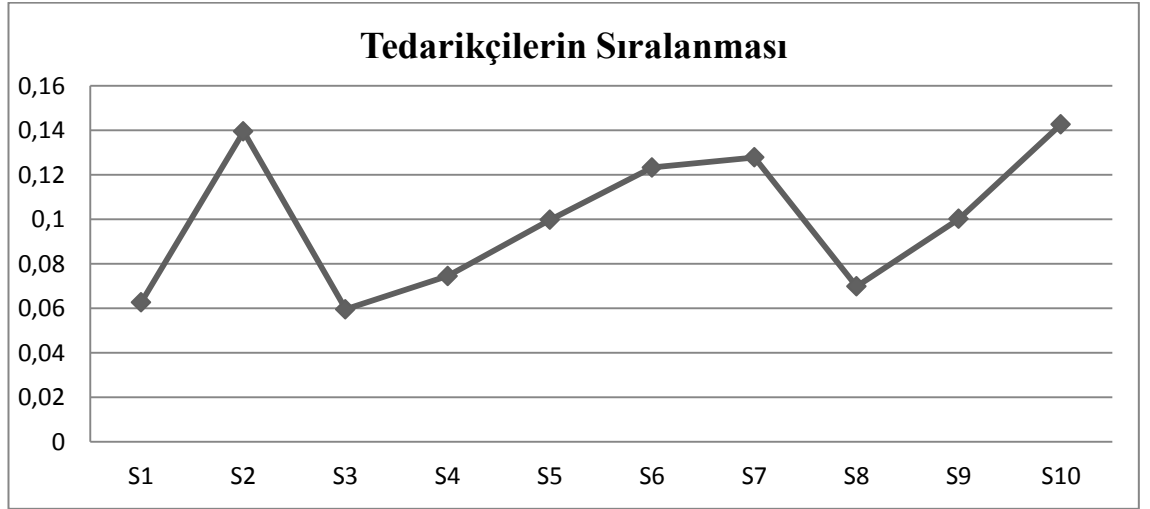
$$= \frac{1}{90} (0,5+0+0,56+0,24+0+0+0+0,35+0+0+5-1) = 0,063$$

$$V_2 = \frac{1}{10(10-1)} \left(\sum_{r=1}^{10} p_{2r} + \frac{10}{2} - 1 \right)$$

$$= \frac{1}{90} (1+0,5+1+1+1+0,93+0,75+1+1+0,37+5-1) = 0,139$$

Her bir değer için benzer işlem yapılarak $V_1=0,063$; $V_2=0,139$; $V_3=0,059$; $V_4=0,075$; $V_5=0,099$; $V_6=0,123$; $V_7=0,128$; $V_8=0,069$; $V_9=0,100$ ve son olarak $V_{10}=0,143$ elde edilmiştir.

Elde edilen veriler doğrultusunda firmanın en büyük değere sahip olan $V_{10}=0,143$ için en iyi tedarikçinin S10 olduğu görölmüştür.



Şekil 6.1: Tedarikçilerin sıralanması.

7. DUYARLILIK ANALİZİ

Önceki bölümde açıklanan yöntem kullanılarak firma için en uygun tedarikçi seçilmiştir. Fakat entropi ile belirlemiş olan ağırlık değerleri değiştirildiğinde sonucun ne kadar değiştirdiğini görebilmek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Özmen ve diğerleri (2011) tarafından duyarlılık analizinin amacı, belirli bir kriterin önceliğinin değişmesi durumunda, diğer alternatiflerin ve dolayısıyla da tüm sonucun nasıl etkilendiğini görebilmek olduğunu belirtmişlerdir. Bu bölümde rastgele belirlenen ağırlıklar önerilen tedarikçi seçim modeline uygulanarak duyarlılık analizi yapılmıştır.

Rastgele belirlenen ağırlıklar aşağıda belirtildiği gibi toplamı 1 olacak şekilde alınmıştır.

Tablo 7.1: Duyarlılık analizi için belirlenen ağırlık tablosu.

	W1	W2	W3	W4	W5	W6
w_j^1	0,38	0,21	0,17	0,14	0,07	0,03
w_j^2	0,04	0,27	0,37	0,2	0,11	0,01

Yukarıda belirtilen ağırlıklar belirlendikten sonra adım 7’de gri ilişkisel derecenin tahmin edilmesine geçilmiştir. Bölüm 5’de belirtilen $\gamma_i^{(1)} = \sum_{j=1}^n w_j^1 \xi_{ij}^{(1)}$, $\gamma_i^{(2)} = \sum_{j=1}^n w_j^2 \xi_{ij}^{(2)}$ formülleri ve tablo 6.10 değerler kullanılarak $\gamma_i^{(1)}$ ve $\gamma_i^{(2)}$ elde edilmiştir.

$$\gamma_1^{(1)} = 0,96 * 0,38 + 0,89 * 0,21 + 0,69 * 0,17 + 0,96 * 0,14 + 0,55 * 0,07 + 0,38 * 0,03 = 0,852$$

$$\gamma_1^{(2)} = 0,75 * 0,04 + 0,9 * 0,27 + 0,59 * 0,37 + 0,75 * 0,2 + 0,48 * 0,11 + 0,37 * 0,01 = 0,697$$

Tablo 7.2: Duyarlılık analizi için elde edilen gri ilişkisel dereceler matrisi.

$\gamma_i^{(1)}$	$\gamma_i^{(2)}$		
$\gamma_1^{(1)}$	$\gamma_1^{(2)}$	0,852	0,697
$\gamma_2^{(1)}$	$\gamma_2^{(2)}$	0,785	0,813
$\gamma_3^{(1)}$	$\gamma_3^{(2)}$	0,810	0,661
$\gamma_4^{(1)}$	$\gamma_4^{(2)}$	0,792	0,642
$\gamma_5^{(1)}$	$\gamma_5^{(2)}$	0,864	0,773
$\gamma_6^{(1)}$	$\gamma_6^{(2)}$	0,728	0,738
$\gamma_7^{(1)}$	$\gamma_7^{(2)}$	0,839	0,635
$\gamma_8^{(1)}$	$\gamma_8^{(2)}$	0,854	0,740
$\gamma_9^{(1)}$	$\gamma_9^{(2)}$	0,859	0,742
$\gamma_{10}^{(1)}$	$\gamma_{10}^{(2)}$	0,912	0,743

Gri ilişkisel derece tahmin edildikten sonra, bir sonraki adım olan alternatiflerin sıralanmasına geçilmiştir. Bunun için 5. bölümde belirtilen 5.15 formülünden yararlanılacaktır.

Örnek olarak $p(A_1 \geq A_1)$ ve $p(A_1 \geq A_2)$ değerleri aşağıda gösterildiği gibi bulunmuştur.

$$\begin{aligned}
 p(A_1 \geq A_1) &= p(\bar{\gamma}_1 \geq \bar{\gamma}_1) = \max \left\{ 1 - \max \left\{ \frac{\gamma_1^{(2)} - \gamma_1^{(1)}}{L(\bar{\gamma}_1) + (\bar{\gamma}_1)}, 0 \right\}, 0 \right\} \\
 &= \max \left\{ 1 - \max \left\{ \frac{0,697 - 0,852}{(0,697 - 0,852) + (0,697 - 0,852)}, 0 \right\}, 0 \right\} = 0,5.
 \end{aligned}$$

$p(A_1 \geq A_2)$ değeri için;

$$\begin{aligned}
 p(A_1 \geq A_2) &= p(\bar{\gamma}_1 \geq \bar{\gamma}_2) = \max \left\{ 1 - \max \left\{ \frac{\gamma_2^{(2)} - \gamma_1^{(1)}}{L(\bar{\gamma}_1) + (\bar{\gamma}_2)}, 0 \right\}, 0 \right\} \\
 &= \max \left\{ 1 - \max \left\{ \frac{0,813 - 0,852}{(0,813 - 0,785) + (0,697 - 0,852)}, 0 \right\}, 0 \right\} = 0,691 \text{ elde edilmiştir.}
 \end{aligned}$$

Her bir değer için uygulanarak aşağıdaki olasılık matrisi elde edilmiştir.

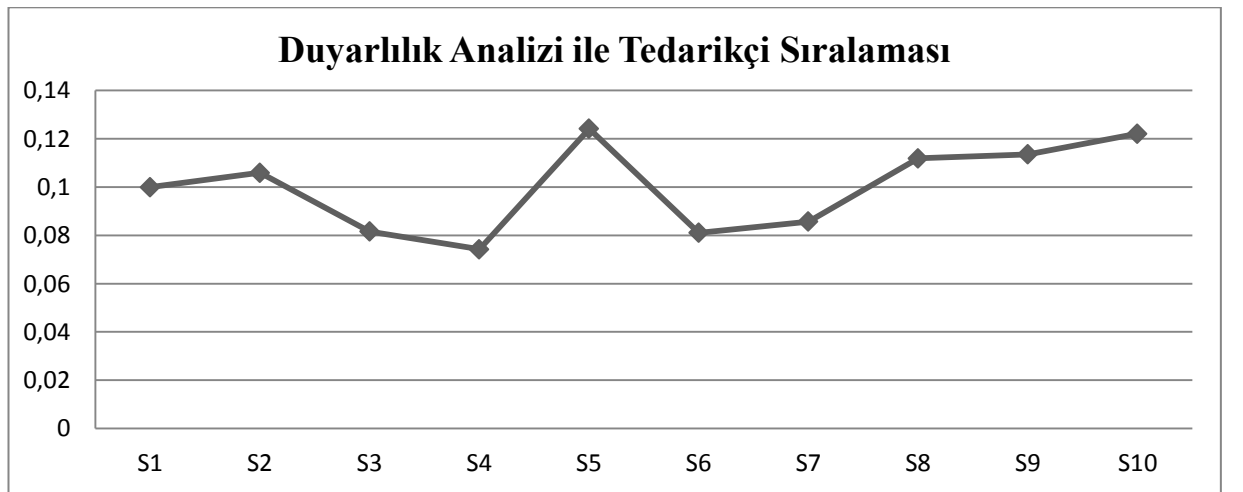
Tablo 7.3: Duyarlılık analizi için olasılık matrisi.
$$P = \begin{bmatrix} 0,50 & 0,31 & 0,63 & 0,69 & 0,32 & 0,79 & 0,61 & 0,42 & 0,40 & 0,34 \\ 0,69 & 0,50 & 1,00 & 1,00 & 0,20 & 0,00 & 0,85 & 0,52 & 0,48 & 0,30 \\ 0,37 & 0,00 & 0,50 & 0,56 & 0,16 & 0,52 & 0,50 & 0,27 & 0,26 & 0,21 \\ 0,31 & 0,00 & 0,44 & 0,50 & 0,08 & 0,38 & 0,44 & 0,19 & 0,19 & 0,15 \\ 0,68 & 0,80 & 0,84 & 0,92 & 0,50 & 1,00 & 0,78 & 0,60 & 0,58 & 0,46 \\ 0,21 & 1,00 & 0,48 & 0,62 & 0,00 & 0,50 & 0,48 & 0,00 & 0,00 & 0,00 \\ 0,39 & 0,15 & 0,50 & 0,56 & 0,22 & 0,52 & 0,50 & 0,31 & 0,30 & 0,26 \\ 0,58 & 0,48 & 0,73 & 0,81 & 0,40 & 1,00 & 0,69 & 0,50 & 0,48 & 0,39 \\ 0,60 & 0,52 & 0,74 & 0,81 & 0,42 & 1,00 & 0,70 & 0,52 & 0,50 & 0,41 \\ 0,66 & 0,70 & 0,79 & 0,85 & 0,54 & 1,00 & 0,74 & 0,61 & 0,59 & 0,50 \end{bmatrix}$$

Elde edilen olasılık matrisi belirlenerek son aşamaya geçilmiştir. 5. bölümde belirtilen 5.16 denklemini kullanılarak değerlerimizin optimal dereceleri bulunacaktır.

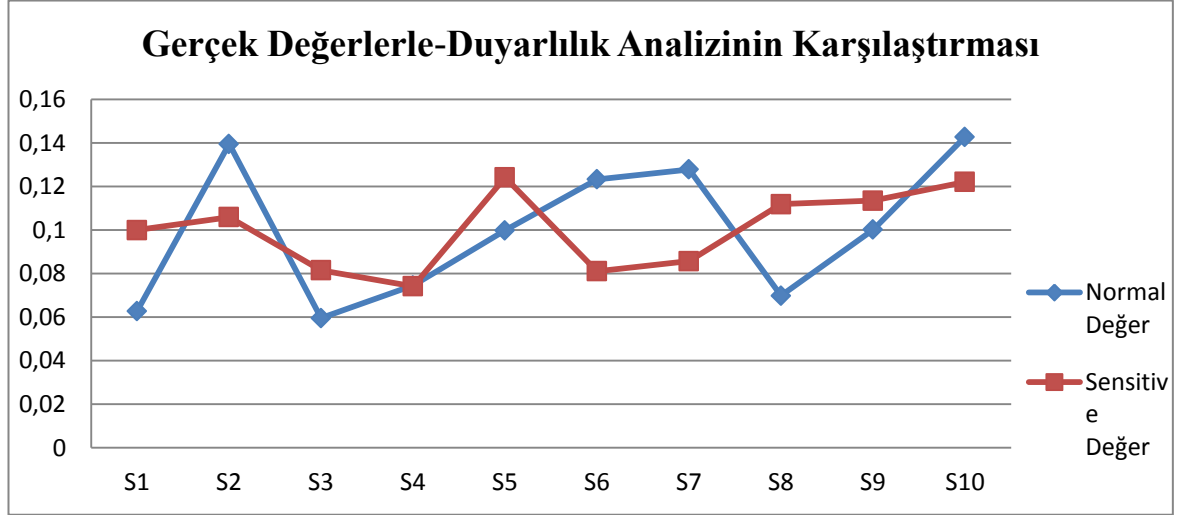
$$V_1 = \frac{1}{10(10-1)} (\sum_{r=1}^{10} p_{1r} + \frac{10}{2} - 1)$$

$$= \frac{1}{10(10-1)} (0,5+0,31+0,63+0,69+0,32+0,79+0,61+0,42+0,40+0,34 + \frac{10}{2} - 1) = 0,099$$

Her bir değer için yapıldığında; $V_1=0,099$; $V_2=0,106$; $V_3=0,082$; $V_4=0,074$; $V_5=0,124$; $V_6=0,081$; $V_7=0,0857$; $V_8=0,112$; $V_9=0,114$ ve $V_{10}=0,122$ 'dir. Bu duruma göre S5 tedarikçisi firma için en uygun olan tedarikçi olur. Şekil 7.1'de duyarlılık analizi yapıldıktan sonraki tedarikçi değerleri bulunmaktadır.

**Şekil 7.1:** Duyarlılık analizi ile tedarikçi sıralaması.

Şekil 6.1 ve Şekil 7.1’de her iki durum için değişimler gösterilmiştir. Her iki durum için; duyarlılık analizindeki değerler ile gerçek değerler karşılaştırıldığında aşağıda gösterilen şekil 7.2’de ki değişim elde edilmiştir.



Şekil 7.2: Gerçek değerlerle-duyarlılık analizinin karşılaştırması.

8. SONUÇ

Tedarikçi seçimi kararı bir şirketin başarılı olması için önemli bir kıstastır. Bu başarının sağlanması için firmalar büyük miktarlarda zaman ve para harcamaktadırlar. Doğru tedarikçinin seçilmesi firmaların kazancını ve müşteri memnuniyetini artıracak ve zaman kaybını azaltacaktır. Bu yüzden firmalar tedarikçi seçimlerine önem vermektedirler. Tedarikçi seçimi yapılırken, bir çok kriter üzerinden değerlendirme yapılmaktadır.

Uygulama yapılan firmalar tedarikçilerini seçerken, seçecekleri firmanın birçok departmanını değerlendirerek seçim yapmaktadır. Uygulama çalışmasında otomotiv firmasından alınan tedarikçi değerlendirme tablosunda kriterlere bağlı alt kriterlere çok zayıf (2), orta (6) ve çok iyi (10) değerleri atanmıştır. Bu alt kriterlerin ortalamaları alınarak tedarikçilerin performans değerleri elde edilmiştir. Tedarikçilerin her bir performans değeri bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Tedarikçilere atanan bulanık sayılar ilk olarak normalize edilmiştir. Karar matrisi normalizasyonundan sonra referans serisi elde edilmiş ve uzaklık matrisi oluşturulmuştur. Gri ilişkisel katsayı hesaplanmıştır. Entropi yöntemi ile ağırlıklar bulunarak gri ilişkisel derece tahmin edilmiş ve alternatifler sıralanmıştır. Sonrasında ağırlıkların önemini vurgulamak için duyarlılık analizi yapılmıştır. Ağırlıklar değiştikçe seçilen tedarikçinin değiştiği görülmüştür.

Tedarikçi seçim modelleri için birçok yöntem kullanılmaktadır. İleriki çalışmalarda önerilen çok kriterli karar verme metodu için genişletilmiş GİA metoduna ağırlıklar AHP ya da farklı yöntemler ile bulunarak modele entegre edilebilir.

KAYNAKLAR

- AISSAOUI, N., HAOUARI, M., HASSINI, E., 2006, Supplier selection and order lot sizing modeling: A review, *Computers & operations research*, Vol.34, No.12, 3516-3540
- AKSOY, A., ÖZTÜRK, N., 2011, Supplier selection and performance evaluation in just-in-time production environments, *Expert Systems with Applications*, Vol.38, No.5, 6351-6359
- AMIN, S.H., RAZMI, J., ZHANG, G., 2011, Supplier Selection And Order Allocation Based On Fuzzy SWOT Analysis And Fuzzy Linear Programming, *Expert Systems with Applications*, Vol.38, No.1, 334-342
- BAYAZIT, Ö., KAPAK, B., 2005, An AHP application in vendor selection, *ISAHP 2005*, 1-24
- CHAKRABORTY, T., GHOSH, T., DAN, P.K., 2011, Application of analytic hierarchy process and heuristic algorithm in solving vendor selection problem, *Business Intelligence Journal*, Vol.4, No.1, 167-177
- DAĞDEVİREN, M., YAVUZ, S., KILINÇ, N., 2009, Weapon selection using the AHP and TOPSIS methods under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, Vol.36, No.4, 8143-8151.
- DAĞDEVİREN, M., ERASLAN, E., KURT, M., DİZDAR, E., N., 2005, Tedarikçi Seçimi Problemine Analitik Ağ Süreci İle Alternatif Bir Yaklaşım, *Teknoloji*, Vol.8, No.2, 115-122
- ELEREN, A., 2008, Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi, Gazi Kitabevi, Ankara, 57
- FENG, B., FAN, Z.P., LI, Y., 2011, A decision method for supplier selection in multi-service outsourcing, *International Journal of Production Economics*, Vol.132, No.2, 240-250
- GÜNERİ, A. F., ERTAY, T., YÜCEL, A., 2011, An approach based on ANFIS input selection and modeling for supplier selection problem, *Expert Systems with Applications*, Vol.38, No.12, 14907-14917
- HO, W., XU, X., DEY, P.K., 2010, Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review, *European Journal of Operational Research*, Vol.202, No.1, 16-24
- HUGOS, M.H., 2011, *Essentials of supply chain management*, Vol.62, No.4, Wiley
- KAĞNICIOĞLU, C.H., 2007, *Tedarik zinciri yönetiminde tedarikçi seçimi*, Anadolu Üniversitesi yayınları: Endüstriyel Sanatlar Yüksekokulu yayınları, ISBN 975060427X, 9789750604270, 79

- KİLİNCİ, O., ONAL, S.A., 2011, Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company, *Expert Systems with Applications*, Vol.38, No.8, 9656-9664
- LABIB, A.W., 2010, A Supplier Selection Model: A Comparison of Fuzzy Logic and The Analytic Hierarchy Process, *International Journal of Production Research*, 1-13
- LI, G.D., YAMAGUCHI, D., NAGAI, M., 2007, A grey-based decision-making approach to the supplier selection problem, *Mathematical and computer modelling*, Vol.46, No.3, 573-581
- LIN, C.T., Hwang, S.N., Chan, C.H., 2004, March, Grey number for AHP model: an application of grey relational analysis. In *Networking, Sensing and Control, 2004 IEEE International Conference*, Vol.1, 226-230
- LIKER, J.K., CHOI, T.Y., 2007, Tedarik Zinciri Yönetimi- Harvard Business Review, *Türkiye Metal Sanayicileri Sendikası Yayınları*, İstanbul, 38-40
- MIN, H., ZHOU, G., 2002, Supply chain modeling; past present and future, *Computer and Industrial Engineering*, Vol.43, No.1, 231-249
- NEW, S.J., PAYNE, P., 1995. Research frameworks in logistics: three models, seven dinners and a survey. *International Journal of Physical Distribution and Logistic Management* 25 (10), 60-77.
- ORDOĞAN, S.M., 2009, Development of a supplier selection model using fuzzy logic, *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.14, No.4, 314-327
- ÖZDEMİR, A.İ., 2004, Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Temmuz-Aralık*, 23, 87-96.
- ÖZMEN, G., BİRGÜN, S., Radyo frekansı ile tanımlama sistemi seçiminde analitik hiyerarşi prosesi uygulaması, 2011, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, Cilt 5, Sayı 1, 81-88
- PRAJOGO, D., CHOWDHURY, M., YEUNG, A.C., CHENG, T.C.E., 2011, The relationship between supplier management and firm's operational performance: A multi-dimensional perspective, *International Journal of Production Economics*, 1-6
- SACCANI, N., PERONA, M., 2007, Shaping buyer-supplier relationships in manufacturing contexts: Design and test of a contingency model, *Journal of Purchasing and Supply Management*, Vol.13, No.1, 26-41
- SARI, M., MURAT, Y., KIRABALI, M., 2005, Fuzzy Modelling Approach And Applications, Pamukkale Üniversitesi, <http://www3.dpu.edu.tr/akademik/fbe/wp-content/uploads/2005/12/09.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 24 Mart 2013]

SHEMSHADI, A., SHIRAZI, H., TOREIHI, M., TAROKH, M.J., 2011, A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting, *Expert Systems with Applications*, Vol.38, No.10, 12160-12167

SUPÇİLLER, A.A., ÇAPRAZ, O., 2011, AHP-TOPSİS Yönetime Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması, *Ekonometri ve İstatistik Sayı:13 (12. Uluslar arası Ekonometri, Yöneylen Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı)* 2011 1-22

ŞİMŞİR, F., 2008, *Kaynak kısıtlı bakım çizelgeleme problemine bir hibrid çözüm yaklaşımı*, Yayınlanmış .doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

ÜSTÜNİŞİK, N., Z., 2007, *Türkiye'deki iller ve bölgeler bazında sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması araştırması: Gri ilişkisel analiz yöntemi ve uygulaması*, Yüksek Lisans, Gazi Üniversitesi

WEI, G.W., 2011, Grey Relational Analysis Method For Intuitionistic Fuzzy Multiple Attribute Decision Making, *Expert Systems with Applications*, Vol.38, No.9, 11671-11677

YÜKSEL, H., 2002, Tedarik zinciri yönetiminde bilgi sistemlerinin önemi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Mart, Cilt 4, Sayı 3, s.10, 11

ZESHUI, X., HUI, H., 2009, Entropy-based procedures for intuitionistic fuzzy multiple attribute decision making. *Systems Engineering and Electronics, Journal of*, Vol.20, No.5, 1001-1011

ZHANG, S., LIU, S., ZHAI, R., 2011, “An extended GRA method for MCDM with interval-valued triangular fuzzy assessments and unknown weights” *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 61, 1336–1341

ÖZGEÇMİŞ

İstanbul Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı öğrencisi olan Figen Koyuncu, 16 Aralık 1985 tarihli Bursa doğumludur. Üniversite öğrenimini Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Matematik Bölümünde görmüştür. Yüksek Lisans öğrenimi süresince Sertrans Lojistik'te Bütçe Stajyerliği yapmış, Arslanlı Örne'de Planlama Sorumlusu ve Uzel Traktör'de Planlama ve Satın alma Mühendisi olarak çalışmıştır. Şu an Organik Kimya'da Planlama Uzmanı olarak görev yapmaktadır.