



T.C.

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI

**BULANIK AHP/BULANIK VZA YÖNTEMLERİ
KULLANILARAK TEDARİKÇİ PERFORMANSININ
ÖLÇÜLMESİ: TEKSTİL SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

Doktora Tezi

Yusuf ERSOY

Danışman

Doç. Dr. Nuri Özgür DOĞAN

Nevşehir

Nisan 2018



T.C.

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI

**BULANIK AHP/BULANIK VZA YÖNTEMLERİ
KULLANILARAK TEDARİKÇİ PERFORMANSININ
ÖLÇÜLMESİ: TEKSTİL SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA**

Doktora Tezi

Yusuf ERSOY

Danışman

Doç. Dr. Nuri Özgür DOĞAN

Nevşehir

Nisan 2018

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



Tezi Hazırlayan

Yusuf ERSOY

TEZ YAZIM KILAVUZUNA UYGUNLUK

“Bulanık AHP/Bulanık VZA Yöntemleri Kullanılarak Tedarikçi Performansının Ölçülmesi: Tekstil Sektöründe Bir Uygulama” adlı Doktora Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu’na uygun olarak hazırlanmıştır.



Tezi Hazırlayan

Yusuf ERSOY



Danışman

Doç. Dr. Nuri Özgür DOĞAN



İşletme Anabilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Şevki ÖZGENER

KABUL VE ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Nuri Özgür DOĞAN danışmanlığında Yusuf ERSOY tarafından hazırlanan “Bulanık AHP/Bulanık VZA Yöntemleri Kullanılarak Tedarikçi Performansının Ölçülmesi: Tekstil Sektöründe Bir Uygulama” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

20.. / 04 / 2018..

JÜRİ

İMZA

Danışman : Doç. Dr. Nuri Özgür DOĞAN

Üye : Doç. Dr. Yasemin KARİPER

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Aylin ALKAYA

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ebrucan İSLAMOĞLU

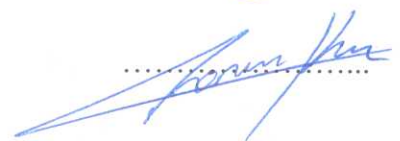
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Harun KINACI











ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 03../05../2018.. tarih ve 2018.20.317 sayılı Kararı ile onaylanmıştır.

Dr. Öğr. Üyesi Vedat AKTEPE

Enstitü Müdürü



TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamın hazırlanmasında gerekli yardım ve desteği esirgemeyen, beni sürekli destekleyip yol gösteren saygıdeğer danıőmanım Doç. Dr. Nuri Özgür DOĞAN'a, tez çalıőmam boyunca bana zamanlarını ayıran ve değerli bilgilerini paylaőan hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Aylin ALKAYA'ya ve Dr. Öğr. Üyesi Ebrucan İSLAMOĞLU'na çok teşekkür ederim. Ayrıca tez çalıőmam sırasında destek ve anlayışını esirgemeyen aileme, eőim Tuğçe Hanım ERSOY'a ve biricik oğlum Faik Eymen'e teşekkür ederim.

**BULANIK AHP/BULANIK VZA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK
TEDARİKÇİ PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİ: TEKSTİL SEKTÖRÜNDE
BİR UYGULAMA**

Yusuf ERSOY

**Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme
Anabilim Dalı, Doktora, Nisan 2018
Danışman: Doç. Dr. Nuri Özgür DOĞAN**

ÖZET

Son yıllarda insan istek ve beklentileri teknolojik ve ekonomik gelişmeler nedeniyle sürekli olarak değişiklik göstermektedir. Üretim teknolojilerinde yaşanan değişim ve üretilen ürün veya hizmetlerin küresel pazarlarda sunulması tüketici açısından çok fazla ürün veya hizmet alternatifini ortaya çıkarmıştır. Bu durum tüketicinin istek ve beklentilerinin artmasına sebep olmaktadır. Bununla birlikte küresel pazarlarda rekabet edebilmek ve daha fazla müşteriye ulaşabilmek için birçok işletme ürün ve hizmet kalitesine daha fazla önem vermeye başlamıştır. İşletmelerin sektörde bulunan rakiplerine karşı sürdürülebilir bir rekabet avantajı sağlamaları için ürettikleri ürün veya hizmet kalitesini sürekli olarak iyileştirmeleri gerekmektedir. Günümüzde uluslararası pazarlar ve küresel ekonomi göz önüne alındığında işletmelerin tedarik zincirleri arasında yaşanan rekabet tedarikçi seçimi ve performans değerlendirmesinin önemini ortaya koymaktadır. Diğer birçok sektörde olduğu gibi tekstil sektöründe de işletmelerin rakipleriyle mücadele edebilmeleri için kaynaklarını daha etkin bir biçimde kullanmaları ve tedarikçilerini sürekli olarak değerlendirmeleri oldukça önemlidir.

Bu çalışmada Uşak ilinde bulunan ve tekstil sektörünün alt sektörlerinden birisi olan battaniye sektöründe faaliyet gösteren beş farklı firmanın 16 adet ortak elyaf tedarikçisinin performansları bulanık AHP ve bulanık VZA yöntemleri birlikte kullanılarak değerlendirilmiştir. Bulanık AHP yöntemi olarak Chang'ın Genişletilmiş Analiz Yöntemi, bulanık VZA yöntemleri olarak ise Saati-Memariani-Jahanshahloo Modeli, Kao-Liu Modeli, Wang-Greatbanks-Yang Modeli ve Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle Modeli kullanılmıştır. Bulanık AHP uygulaması kapsamında tedarikçi seçim kriterlerinin önem seviyesinin belirlenmesi için 26 kriterden oluşan 7'li Likert tipi ölçek beş farklı firma satın alma uzmanına uygulanarak kriterlerin önem seviyeleri belirlenmiştir. Önem seviyeleri sıralamasında ilk 8'de bulunan kriterlerin ağırlıkları bulanık AHP yöntemiyle hesaplanmıştır. Bulanık AHP yöntemiyle ağırlıkları hesaplanan kalite, fiyat ve teslimat kriterleri bulanık VZA'da kullanılacak çıktı değişkenleri, stok durumu, esneklik, güvenilirlik, ham madde kirlilik oranı ve ham madde özelliği kriterleri bulanık VZA'da kullanılacak girdi değişkenleri olarak belirlenmiştir. Bulanık VZA uygulamasında tedarikçi firmaların farklı α – kesim

seviyelerinde ($\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$) bulanık etkinlikleri ölçülmüştür. Gerçekleştirilen etkinlik ölçümleri sonunda etkin olan/olmayan tedarikçiler belirlenmiştir. Dört farklı bulanık VZA modeli etkinlik sonuçlarına göre T1, T2, T4, T5, T9, T11, T14, T15 ve T16 numaralı karar verme birimleri bütün bulanık VZA modellerinde etkin ve T10 numaralı karar verme birimi yalnızca Wang-Greatbanks-Yang modelinde etkin bulunmuştur. Dört farklı bulanık VZA yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen karşılaştırma sonuçlarına göre T14 numaralı karar verme birimi en etkin karar verme birimi ve T13 numaralı karar verme birimi ise etkinliği en düşük olan karar verme birimi olarak belirlenmiştir.

Son olarak, çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilmiş, araştırmanın kısıtlarından bahsedilmiş ve ileride bu konu üzerine yapılacak çalışmalara ilişkin bazı öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık AHP, Bulanık VZA, Etkinlik, Tedarik Zinciri, Tekstil.



**MEASUREMENT OF SUPPLIER PERFORMANCE USING FUZZY AHP /
FUZZY DEA METHODS: A CASE STUDY IN TEXTILE SECTOR**

Yusuf ERSOY

**Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Institute of Social Sciences, Department
of Business Administration, Doctoral Thesis, April 2018**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nuri Özgür DOĞAN

ABSTRACT

In recent years, human demands and expectations are constantly changing due to technological and economic developments. The change in production technologies and the presentation of the products or services produced in global markets reveals many products or service alternatives for the consumer. This situation leads to an increase in the demand and expectation of the consumer. However, many businesses have begun to pay more attention to product and service quality to compete in global markets and reach more customers. Businesses need to constantly improve the quality of their products or services in order to ensure a sustainable competitive advantage against their competitors in the industry. Competition between supply chains of businesses reveals the importance of supplier selection and performance evaluation when the current state of the international markets and the global economy are taken into consideration. As in many other sectors, it is also very important for companies in the textile sector to use their resources more efficiently and constantly evaluate their suppliers in order to compete with their competitors.

In this study, the performance of 16 common fiber suppliers of five different companies that are located in Uşak province and operate in one of the subsector of the textile sector namely the blanket sector, have been measured and evaluated using fuzzy AHP and fuzzy DEA methods. Chang's Extended Analytical Method has been used as fuzzy AHP method and Saati-Memariani-Jahanshahloo Model, Kao-Liu Model, Wang-Greatbanks-Yang Model and Lertworasirikul-Fang-Joiner-Nuttall Model have been used as fuzzy DEA methods. A 7-point Likert-type scale consisting of 26 criteria has been applied to purchasing experts of five different companies in order to determine the importance level of supplier selection criteria within the scope of fuzzy AHP application. The weights of the criteria which are in the top eight of the importance level ranking list have been calculated using fuzzy AHP method. Quality, price, and delivery criteria, which are weighted by fuzzy AHP method have been selected as the output variables to be used in fuzzy DEA. Stock status, flexibility, reliability, raw material pollution rate and raw material property criteria, which are weighted by fuzzy AHP method have been selected as the input variables to be used in fuzzy DEA. The fuzzy efficiency of supplier firms at different α – cut levels ($\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$) have been measured by fuzzy DEA. Efficient and

inefficient suppliers have been identified as a result of the efficiency measurements. Among the decision-making units; T1, T2, T4, T5, T9, T11, T14, T15 and T16 have been found as the efficient ones in all four fuzzy DEA models according to efficiency measurement results. Decision-making unit T10 has been found efficient only in the Wang-Greatbanks-Yang model. T14 has been identified as the most efficient decision-making unit whereas T13 has been identified as the least efficient one based on the results of four different fuzzy DEA models. Finally, a general discussion of the findings, limitations of the study, and directions for future research are provided

Keywords: Fuzzy AHP, Fuzzy DEA, Efficiency, Supply Chain, Textile.



İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
TEZ YAZIM KLAVUZUNA UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	x
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	xiv
TABLolar LİSTESİ.....	xv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xvii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM
TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE
KULLANILAN YÖNTEMLER

1.1. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	5
1.2. TEDARİKÇİ SEÇİMİ.....	13
1.3. TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	21
1.3.1. Kategorik Yöntem	21
1.3.2. Doğrusal Ağırlıklandırma Yöntemi.....	21
1.3.3. Kümeleme Analizi.....	22
1.3.4. Toplam Maliyet Yaklaşımı.....	22
1.3.5. Çok Yönlü Fayda Teorisi	22
1.3.6. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	23
1.3.6.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi.....	24
1.3.6.2. ELECTRE.....	31
1.3.6.3. TOPSIS	34
1.3.6.4. PROMETHEE	37
1.3.6.5. VIKOR.....	41
1.3.6.6. Analitik Ağ Süreci	42
1.3.6.7. Gri İlişkisel Analiz.....	45
1.3.6.8. MOORA.....	49
1.3.6.8.1. Oran Metodu	50
1.3.6.8.2. Referans Nokta Yaklaşımı	51
1.3.6.8.3. Önemliliği Verilmiş Amaç Durumu Yaklaşımı	52
1.3.7. Veri Zarflama Analizi	52
1.3.7.1. Veri Zarflama Analizinin Kapsamı.....	52
1.3.7.2. Etkinlik Kavramı ve VZA ilişkisi	53
1.3.7.3. Veri Zarflama Analizinin Gelişimi	55
1.3.7.4. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Aşamaları.....	55
1.3.7.5. VZA'nın Güçlü ve Zayıf Yönleri	57
1.3.7.6. Temel VZA Modelleri	59
1.3.7.6.1. CCR Modeli	59
1.3.7.6.1.1. Girdi Yönlü CCR Modeli	59

1.3.7.6.1.2. Çıktı Yönlü CCR Modeli	63
1.3.7.6.2. BCC Modeli	65
1.3.7.6.2.1. Girdi Yönlü BCC Modeli	67
1.3.7.6.2.2. Çıktı Yönlü BCC Modeli	67
1.4. TEDARİKÇİ SEÇİMİNE İLİŞKİN LİTERATÜR TARAMASI.....	68

İKİNCİ BÖLÜM

BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ: BULANIK AHP VE BULANIK VZA

2.1. BULANIK MANTIK.....	92
2.1.1. Bulanık Mantık Kavramı.....	93
2.1.2. Bulanık Küme Teorisi	95
2.1.3. Bulanık Sayılar	97
2.2. BULANIK AHP.....	98
2.2.1. Van Laarhoven ve Pedrycz Bulanık AHP Yöntemi.....	100
2.2.2. Buckley Bulanık AHP Yöntemi	102
2.2.3. Chang'in Genişletilmiş Analiz Yöntemi	105
2.2.4. Enea ve Piazza Bulanık AHP Yöntemleri	107
2.2.5. Ayağ'ın Bulanık AHP Yöntemi	110
2.3. BULANIK VZA	112
2.3.1. Cook-Kress-Seiford Modeli	115
2.3.2. Cooper-Park-Yu Modeli.....	116
2.3.3. Kao-Liu Modeli.....	117
2.3.4. Guo-Tanaka Modeli	120
2.3.5. Despotis-Smirlis Modeli.....	125
2.3.6. Saati-Memariani-Jahanshahloo Modeli.....	127
2.3.7. Lertworasirukul-Fang-Joines-Nuttall Modeli.....	131
2.3.8. Leon-Liern-Ruiz-Sirvent Modeli.....	135
2.3.9. Saati-Memariani Modeli.....	137
2.3.10. Wang-Greatbanks-Yang Modeli	142
2.3.11. Wang-Chin Modeli.....	148
2.4. BORDA KURALI YÖNTEMİ	155

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
TEKSTİL SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİLERİN PERFORMANSININ
ÖLÇÜLMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

3.1. TEKSTİL VE HAZIR GİYİM SEKTÖRÜNÜN DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ GENEL DURUMU	157
3.2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE KAPSAMI	162
3.3. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ	162
3.4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ	163
3.5. TEDARİKÇİ SEÇİM KRİTERLERİNİN ÖNEM SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ	166
3.6. BULANIK AHP UYGULAMASI	168
3.6.1. Kriterlerin Önem Ağırlıklarının Belirlenmesi	169
3.6.2. Tutarlılık Oranının Hesaplanması	188
3.7. BULANIK VZA UYGULAMASI	195
3.7.1. Bulanık VZA Uygulaması Veri Setinin Oluşturulması	198
3.7.2. Bulanık VZA Modellerinin Uygulanması	203
3.7.2.1 Saati-Memariani-Jahanshahloo Modeli	203
3.7.2.2 Kao-Liu Modeli	207
3.7.2.3. Wang-Greatbanks-Yang Modeli	211
3.7.2.4 Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle Modeli	215
SONUÇ	224
KAYNAKÇA	231
EKLER	264
ÖZGEÇMİŞ	

KISALTMALAR VE SİMGELER

AAS	Analitik Ağ Süreci
AE	Tahsis Etkinlik
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ATMD	Ağırlıklandırılmış Toplam Matris Değerleri
BCC	Banker-Charnes-Cooper
CCR	Charnes-Cooper-Rhodess
CI	Tutarlılık İndeksi
CR	Tutarlılık Oranı
ÇÖFT	Çok Ölçütlü Fayda Teorisi
DTÖ	Dünya Ticaret Örgütü
ELECTRE	Elimination and Choice Translating Reality
EE	Ekonomik Etkinlik
EI	Etkinlik Sıralaması
ES	Etkinlik Skoru
GİA	Gri İlişkisel Analiz
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
GST	Gri Sistem Teorisi
KL	Kao-Liu
KVB	Karar Verme Birimi
LFJN	Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle
LGP	Lexicographic Hedef Programlama
MOORA	Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
SMJ	Saati-Memariani-Jahanshahloo
TE	Teknik Etkinlik
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
VIKOR	VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
VZA	Veri Zarflama Analizi
WGY	Wang-Greatbanks-Yang

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1	Tedarikçi Seçimi Kapsamında İncelenen Çalışmalarda Tedarikçi Seçim Kriterleri ve Çalışmaların Tekstil ve Hazır Giyim Sektörü Uygulama Alanları.....	17
Tablo 2	İkili Karşılaştırmada Kullanılan Önem Dereceleri Skalası.....	26
Tablo 3	Rastgele İndeks Değerleri.....	29
Tablo 4	Veri Kümesi.....	38
Tablo 5	Tercih Fonksiyonları.....	39
Tablo 6	Siyah, Beyaz ve Gri Sistemlerin Karşılaştırılması.....	46
Tablo 7	İkili Karşılaştırma Üyelik Fonksiyonu Analizi.....	104
Tablo 8	Kriterlerin Önem Seviyesi Sıralaması.....	166
Tablo 9	Bulanık AHP Önem Ölçeği.....	169
Tablo 10	Uzman 1 İkili Karşılaştırma Matrisi.....	171
Tablo 11	Uzman 2 İkili Karşılaştırma Matrisi.....	171
Tablo 12	Uzman 3 İkili Karşılaştırma Matrisi.....	172
Tablo 13	Uzman 4 İkili Karşılaştırma Matrisi.....	172
Tablo 14	Uzman 5 İkili Karşılaştırma Matrisi.....	173
Tablo 15	İkili Karşılaştırma Matrislerinin Geometrik Ortalamaları.....	176
Tablo 16	Kriterlere İlişkin Önem Ağırlıkları.....	177
Tablo 17	Kriterlerin Ağırlıkları.....	178
Tablo 18	Uzman 1'e Göre Bulanık Sayıların Toplamı.....	178
Tablo 19	Kriterlere İlişkin Önem Ağırlıkları.....	179
Tablo 20	Kriterlerin Ağırlıkları.....	180
Tablo 21	Uzman 2'ye Göre Bulanık Sayıların Toplamı.....	180
Tablo 22	Kriterlere İlişkin Önem Ağırlıkları.....	181
Tablo 23	Kriterlerin Ağırlıkları.....	182
Tablo 24	Uzman 3'e Göre Bulanık Sayıların Toplamı.....	182
Tablo 25	Kriterlere İlişkin Önem Ağırlıkları.....	183
Tablo 26	Kriterlerin Ağırlıkları.....	184
Tablo 27	Uzman 4'e Göre Bulanık Sayıların Toplamı.....	184
Tablo 28	Kriterlere İlişkin Önem Ağırlıkları.....	185
Tablo 29	Kriterlerin Ağırlıkları.....	186
Tablo 30	Uzman 5'e Göre Bulanık Sayıların Toplamı.....	186
Tablo 31	Kriterlere İlişkin Önem Ağırlıkları.....	187
Tablo 32	Kriterlerin Ağırlıkları.....	188
Tablo 33	Kriter Ağırlıklarının Ortalamaları.....	188
Tablo 34	Uzman 1 İkili Karşılaştırma Matrisi.....	189

Tablo 35	Uzman 2 İkili Karşılaştırma Matrisi.....	189
Tablo 36	Uzman 3 İkili Karşılaştırma Matrisi.....	189
Tablo 37	Uzman 4 İkili Karşılaştırma Matrisi.....	190
Tablo 38	Uzman 5 İkili Karşılaştırma Matrisi.....	190
Tablo 39	İkili Karşılaştırma Matrislerinin Geometrik Ortalama Değerleri.	191
Tablo 40	Normalize Edilmiş Matris.....	191
Tablo 41	Öncelik Matris Değerleri.....	192
Tablo 42	Ağırlıklandırılmış Toplam Matris Değerleri.....	192
Tablo 43	Tutarlılık Oranı (Tablo 34'deki Değerlere Göre).....	193
Tablo 44	Tutarlılık Oranı (Tablo 35'deki Değerlere Göre).....	194
Tablo 45	Tutarlılık Oranı (Tablo 36'deki Değerlere Göre).....	194
Tablo 46	Tutarlılık Oranı (Tablo 37'deki Değerlere Göre).....	195
Tablo 47	Tutarlılık Oranı (Tablo 38'deki Değerlere Göre).....	195
Tablo 48	Bulanık Dilsel Değerlendirme Skalası.....	198
Tablo 49	Girdi ve Çıktı Değişkenleri Aritmetik Ortalaması (Bulanık AHP Ağırlıkları Dahil Edilmemiştir).....	199
Tablo 50	Girdi ve Çıktı Değişkenleri Geometrik Ortalaması (Bulanık AHP Ağırlıkları Dahil Edilmemiştir).....	200
Tablo 51	Girdi ve Çıktı Değişkenleri Aritmetik Ortalaması (Bulanık AHP Ağırlıkları Dahil Edilmemiştir).....	201
Tablo 52	Girdi ve Çıktı Değişkenleri Geometrik Ortalaması (Bulanık AHP Ağırlıkları Dahil Edilmemiştir).....	202
Tablo 53	Saati-Memariani-Jahanshahloo Modeli Etkinlik Skorları ve Etkinlik Sıralaması.....	206
Tablo 54	Kao-Liu Modeli Etkinlik Skorları ve Etkinlik Sıralaması.....	209
Tablo 55	Wang- Greatbanks-Yang Modeli Etkinlik Skorları ve Etkinlik Sıralaması.....	214
Tablo 56	Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttall Modeli Etkinlik Skorları ve Etkinlik Sıralaması.....	216
Tablo 57	Bulanık VZA Modellerine Göre Etkinlik Sıralaması.....	221
Tablo 58	Dört Farklı Bulanık VZA Modeline Göre Elde Edilen Borda Skorları.....	222
Tablo 59	Dört Farklı Bulanık VZA Modeline Göre En Etkin Olan Karar Verme Birimleri ve Etkinliği En Düşük Olan Karar Verme Birimleri.....	223

ŞEKİLLERLER LİSTESİ

Şekil 1	Klasik Bir Üretim Sistemindeki Tedarik Zinciri.....	6
Şekil 2	Geleneksel Müşteri-Tedarikçi İlişkisi.....	11
Şekil 3	İşbirliğine Dayalı Müşteri-Tedarikçi İlişkisi.....	12
Şekil 4	Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Hiyerarşik Yapı.....	24
Şekil 5	AHP ve AAS Yapısal Farklılığı.....	43
Şekil 6	MOORA Yöntemi Diyagramı.....	50
Şekil 7	Teknik, Tahsis ve Ekonomik Etkinlik.....	54
Şekil 8	CCR ve BCC Modelleri Etkinlik Sınırı.....	66
Şekil 9	Üçgen Üyelik Fonksiyonu.....	97
Şekil 10	Yamuk Üyelik Fonksiyonu.....	98
Şekil 11	$\tilde{X} \approx \tilde{Y}$ Bulanık Eşitsizliğinin Açıklanması.....	122
Şekil 12	$\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{it} \approx \tilde{I}$ Kısıtının Açıklanması.....	123
Şekil 13	Battaniye Üretimi İş Akış Süreçleri.....	159
Şekil 14	Araştırmanın Tasarımı.....	165
Şekil 15	Bulanık VZA Modeli.....	196
Şekil 16	$\alpha = 0$ Kesim Düzeyinde Etkinlik Skorları Karşılaştırması.....	217
Şekil 17	$\alpha = 0.25$ Kesim Düzeyinde Etkinlik Skorları Karşılaştırması.....	218
Şekil 18	$\alpha = 0.5$ Kesim Düzeyinde Etkinlik Skorları Karşılaştırması.....	218
Şekil 19	$\alpha = 0.75$ Kesim Düzeyinde Etkinlik Skorları Karşılaştırması.....	219
Şekil 20	$\alpha = 1$ Kesim Düzeyinde Etkinlik Skorları Karşılaştırması.....	219
Şekil 21	Farklı α – Kesim Düzeylerinde Etkinlik Sıralaması.....	222

GİRİŞ

Tekstil sektörü rekabetin sürekli olarak arttığı emek yoğun bir sektördür. Tekstil ve hazır giyim sektörü, gelişmekte olan ülkelerin kalkınmalarında büyük rol almıştır. Tekstil sektörünün istihdama, ekonomiye ve kalkınmaya sağladığı olumlu etkiler, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için daima öncü sektörler arasında bulunmasını sağlamıştır. Tekstil sektörü ekonomik ve sosyal kalkınma açısından değerlendirildiğinde ülkemizin lokomotif sektörlerinden birisidir. Diğer birçok sektörde olduğu gibi tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin de rakipleriyle mücadele etmeleri ve küresel pazarlarda varlıklarını devam edebilmeleri için kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanmaları gerekmektedir.

Tekstil sektörü, iplik, dokuma, örme, dokusuz yüzey ve terbiye (boya ve baskı) alanları olmak üzere beş önemli alt gruptan meydana gelmektedir. Tekstil sektörü elyaftan son ürün üretim sürecine kadar oldukça uzun bir tedarik zinciri ağına sahiptir. 2013 yılına göre ülkeler bazında dünya tekstil ve hazır giyim ihracatı verileri değerlendirildiğinde Türkiye'nin yaklaşık %3,5'lik ihracat ile 7. sırada yer aldığı bilinmektedir (www.sanayi.gov.tr, 2018). 2009 yılında dünya genelinde yaşanan ekonomik krizden diğer birçok sektör gibi Türk tekstil ve hazır giyim sektörü de olumsuz bir biçimde etkilenmiştir. Bu krize rağmen Türk tekstil ve hazır giyim sektörünün 2010-2017 yılları arasında Türkiye'nin toplam ihracatındaki payının yaklaşık %17,9'luk bölümünü oluşturduğu bilinmektedir (www.tuik.gov.tr, 2018).

Tekstil sektörünün alt sektörlerinden birisi olan battaniye sektöründe üretilen ürünler Türkiye'de olduğu gibi diğer birçok ülkede de çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Türkiye'de battaniye üretiminin büyük bölümü Uşak ilinde gerçekleştirilmektedir (Yılmaz, 2007: 113, Ersoy ve Zıraplı, 2014: 430).

Son yıllarda rekabetin artması, Çin başta olmak üzere diğer birçok ülkede iş gücü maliyetinin ve enerji maliyetinin Türkiye'ye oranla düşük olması Türk battaniye sektörünü de olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde diğer birçok sektörde olduğu gibi battaniye sektöründe de sürdürülebilir bir rekabet için etkinlik kavramına daha çok önem verilmesi gerekmektedir (Doğan ve Ersoy, 2017a: 37-38).

Tedarik zinciri yönetimi, müşterilere daha az maliyetle daha iyi hizmet sunmak için tedarikçilerle müşteriler arasındaki yatay ve dikey ilişkiler ağındaki tedarik zincirinin bir bütün olarak yönetilmesi olarak tanımlanmaktadır (Christopher, 2011: 3). Tedarik zinciri yönetimi işletmelere verimlilik ve maliyet düşüşü gibi kazanımların yanında uluslararası pazarlarda sürdürülebilir bir rekabet avantajı sağlamaktadır (Tan, Kannan ve Handfield, 1998: 3; Fawcett, Magnan ve McCarter, 2008: 37). İyi bir tedarik zinciri yönetimine bağlı olarak işletmelerin gereksiz kaynak kullanımı azaltılmakta ve yapılan bu kaynak tasarrufu daha çok verim elde edilebilecek farklı alanlara yatırım olarak yönlendirilebilmektedir (Görçün, 2013: 4-5).

İşletmeler arasındaki rekabetin günümüzde artık tedarik zincirleri arasında olduğu göz önüne alındığında, tedarikçi seçimi işletmelerin uzun dönemli stratejilerini korumaları için verilmesi gereken en önemli kararlar arasında yer almaktadır. Tedarikçi seçiminin ana hedefi doğru kaynaktan, doğru miktarda, doğru zamanda, doğru kalitede ve uygun fiyatta ürün satın almaktır. (Bayhan, 2011: 23; Arıkan ve Küçükçe, 2012: 256; Zougari ve Benyoucef, 2012: 507). İşletmelerin tedarik zincirleri arasında yaşanan büyük rekabetlere bağlı olarak tedarik zinciri performansının işletme başarısını doğrudan etkilediğini söylemek mümkündür. Bu açıdan değerlendirildiğinde bütün sektörler için tedarikçi seçimi ve performans değerlendirmesinin oldukça önemli olduğu söylenebilir.

Performans bir işletmenin belirli bir periyotta elde etmiş olduğu başarı derecesi olarak tanımlanabilir. Literatürde etkinlik, etkililik, verimlilik ve performans kavramları arasında bir kargaşa yaşanmaktadır (Oruç, 2008: 5-6; Yükçü ve Atağan, 2009: 1-13). Oysa etkinlik performans kavramının önemli bir boyutudur. Performans

kavramının verimlilik, etkililik, kalite, kârlılık, hız ve esneklik gibi diğer önemli boyutları da vardır (Yükçü ve Atağan, 2009: 1-13; Çakır, 2015: 5-7).

Etkinlik, kaynakların nasıl kullanıldığı ve kullanım oranlarıyla ilgili bir kavramdır. Etkinlik ölçümünde oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler kullanılmaktadır. Veri Zarflama Analizi (VZA) etkinlik ölçümünde yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir (Doğan ve Ersoy, 2017b: 629-630). VZA'nın çok yaygın olarak kullanılmasının en önemli sebebi çoklu girdi ve çıktı ortamında analize olanak vermesidir (Charles ve Kumar, 2012: 1-3). VZA karar verme birimi olarak isimlendirilen, ürün ya da hizmet üreten işletmelerin göreceli etkinliklerini ölçmek için geliştirilen bir yöntemdir (Fanchon, 2003: 175). Klasik VZA modelleri, yalnızca girdi-çıkıtı değişkenlerinin kesin olarak bilindiği durumlarda uygulanabilmektedir. Bulanık VZA modelleri verilerin belirsiz olduğu durumlarda göreceli etkinlik ölçümü için kullanılmaktadır (Oruç ve Güngör, 2010: 417-148).

Diğer birçok sektörde olduğu gibi tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmeler için de tedarikçi seçimi ve performans değerlendirmesinin oldukça önemli olduğunu söylemek mümkündür. Bu çalışmada Uşak ilinde bulunan ve tekstil sektörünün alt sektörlerinden birisi olan battaniye sektöründe faaliyet gösteren beş farklı firmanın 16 adet ortak elyaf tedarikçisinin performansları ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Çalışmanın uygulama kısmında literatürde yaygın olarak kullanılan modeller kullanılmıştır. Bulanık AHP modeli olarak Chang (1996) tarafından önerilen genişletilmiş bulanık AHP modeli kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan bulanık VZA modelleri ise, Kao-Liu modeli (Kao ve Liu, 2000), Saati-Memariani-Jahanshahloo modeli (Saati, Memariani ve Jahanshahloo, 2002), Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle modeli (Lertworasirikul vd., 2003a) ve Wang-Greatbanks-Yang modeli (Wang, Greatbanks ve Yang, 2005)'dir.

Tedarikçilerin performanslarının değerlendirilmesinde kullanılacak kriterlerin belirlenmesi için kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Çalışmanın bulanık AHP uygulaması bölümünde tedarikçi seçiminde kullanılmak üzere Dickson (1966)'ın tedarikçi seçim kriterlerinden bazıları aynen alınmış ve bazı yeni kriterler ise ayrıca uygulamaya dahil edilmiştir. Tedarikçi seçim kriterlerinin önem seviyesinin

belirlenmesi için 26 kriterden oluşan 7'li likert tipi bir ölçek beş farklı firma satın alma uzmanı tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu elde edilen 8 kriterin ağırlıkların belirlenmesi için bulanık AHP yöntemi uygulanmıştır. Bulanık AHP ile ağırlıkları belirlenen kriterler bulanık VZA uygulaması için girdi ve çıktı değişkenleri olarak gruplandırılmıştır. Beş girdi ve üç çıktı değişkenine göre dört farklı bulanık VZA modeliyle tedarikçilerin etkinliği ölçülmüş ve sıralanmıştır.

Dört farklı bulanık VZA modeliyle gerçekleştirilen etkinlik sıralamasında her model için farklı α – kesim düzeylerinde değişik sıralamalar elde edilmiş ve bu sıralamalar kıyaslanmıştır. Ek olarak Borda Kuralı (Borda Count) (Borda, 1784) yöntemi kullanılarak dört farklı bulanık VZA modeliyle elde edilen sıralama listeleri tek bir liste haline getirilerek bütünleştirilmiştir. Elde edilen bu sıralamalar sonucunda etkin olan/olmayan tedarikçiler belirlenmiştir. Çalışmanın bölümleri aşağıdaki gibi organize edilmiştir.

Birinci bölümde tedarik zinciri yönetimi ve tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçi seçimi, tedarikçi seçim kriterleri ve tedarikçi seçim yöntemlerinden olan kategorik yöntem, doğrusal ağırlıklandırma yöntemi, kümeleme analizi, toplam maliyet yaklaşımı, çok yönlü fayda teorisi ve çok kriterli karar verme yöntemlerine ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Ayrıca etkinlik, verimlilik ve performans kavramlarına değinilerek VZA'nın gelişimine, uygulama aşamalarına, güçlü ve zayıf yönlerine ilişkin bilgilere ve tedarikçi seçimine ilişkin literatür taramasına yer verilmiştir. İkinci bölümde bulanık mantık ve bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri açıklanmıştır. Bu çerçevede bulanık mantık kavramı açıklanmış, genel özelliklerine değinilmiş ve bulanık küme teorisi ve bulanık sayılar hakkında bilgiler verilmiştir. Bulanık AHP ve bulanık VZA yöntemlerine ve Borda Kuralına ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümü çalışmanın amacı ve uygulama kısmını oluşturmaktadır. Tekstil sektörünün dünyadaki ve Türkiye'deki genel durumuna değinilmiş, araştırmanın amacı ve kapsamına ilişkin bilgilere, araştırmanın yöntemi ve tasarımı hakkındaki bilgilere ve uygulama kısımlarına yer verilmiştir. Çalışmanın sonuç ve öneriler bölümünde ise uygulama sonunda elde edilen bulguların genel bir değerlendirilmesi yapılmış ve ileride yapılacak çalışmalar için öneriler ve yol gösterici bilgiler ortaya konmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Çalışmanın bu bölümünde tedarik zinciri yönetimi, tedarikçi seçimi ve tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemler ile ilgili bilgiler bulunmaktadır. Ayrıca tedarikçi seçimine ilişkin kapsamlı bir literatür çalışmasına yer verilmiştir.

1.1. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

Tedarik, işletmelerin gereksinim duydukları malzeme, ham madde, makine teçhizat ve diğer ürünlerin temin edilmesiyle ilgili süreç veya faaliyetler olarak ifade edilmektedir. Tedarik zinciri, tedarik kaynağından nihai müşteriye kadar olan süreçte yer alan mamul veya hizmetlerin akışıyla ilgili faaliyetler bütünü olarak tanımlanmaktadır (Acar ve Ateş, 2011: 11).

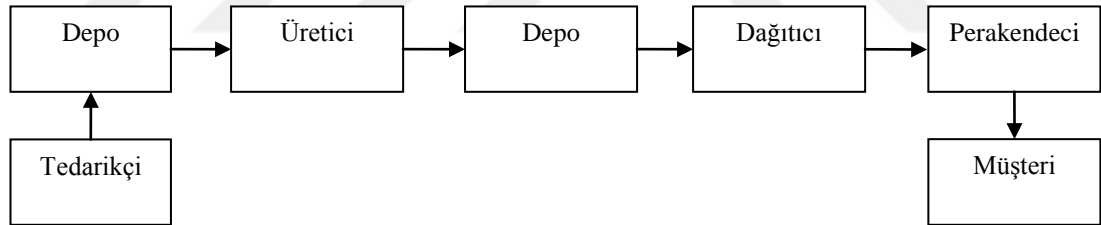
Tedarik zinciri, bir ürünün ham maddeden müşteriye teslimine kadar olan süreçte ham madde ve malzeme, imalat ve montaj, depolama ve stok takibi, müşteri sipariş girişi ve sipariş yönetimi, dağıtım kanalları, teslimat ve tüm bu sistemlerin izlenmesi için gerekli olan bilgi sistemleri olarak tanımlanmaktadır (Lummus ve Vokurka, 1999: 11-13).

Tedarik zinciri, dünya genelinde tedarikçilerin, fabrikaların, depoların ve dağıtım merkezlerinin perakendeciler kanalıyla ürün ve hizmetlerini müşterilerine ulaştırmada kullandıkları bir ağ olarak tanımlanmaktadır (Fox, Barbuceanu ve Teigen, 2000: 165).

Tedarik zinciri, ham madde kaynak noktasından son tüketicilere kadar geçen süreçte ürün ve hizmetlerin daha çok katma değer sağlayacak bir biçimde gerçekleştirilen faaliyetlerin bütünü olarak tanımlanabilir (Vrijhoef ve Koskela, 2000: 170). Tedarik zinciri, bütün sektörler için hayati önem taşımaktadır. Bundan dolayı işletmelerin müşteri odaklı piyasada rekabet avantajı elde edebilmesi için üzerinde durması gereken bir yöntemdir (Okutmuş ve Ergül, 2013: 5411-5412).

Tedarik zinciri, firmaların uzun vadeli performansını artırmak için kullanılan işletme fonksiyonlarının sistematik ve stratejik koordinasyonu olarak bilinmektedir (Bulut ve Atakısı, 2015: 106). Tedarik zinciri, ham madde tedarikinden bitmiş ürünün tüketiciye kadar ulaştırılmasındaki bütün süreçleri kapsayan bir sistem olarak bilinmektedir (Akgünlü, 2015: 148).

Klasik bir üretim sistemindeki tedarik zinciri Şekil 1’de gösterilmiştir. Tedarikçiden alınan ham madde üretici tarafından bitmiş ürün haline getirilerek dağıtıcı ve perakendeci yardımıyla müşteriye ulaştırılmaktadır.



Şekil 1. Klasik Bir Üretim Sistemindeki Tedarik Zinciri

Tedarik zinciri yönetimi, bir firma içerisindeki malzeme tedarik, satın alma, üretim, lojistik ve pazarlama faaliyetleri esnasında hizmet, malzeme ve bilgi akışını kolaylaştıran ve üreticiden nihai müşteriye kadar olan süreçte kârlılığını maksimize ederek müşteri memnuniyetini sağlayan entegre bir sistem olarak tanımlanmaktadır (Stock ve Boyer, 2009: 706).

Tedarik zinciri yönetimi; tedarik, satın alma, dönüşüm ve lojistik yönetiminin tüm faaliyetlerinin yönetimini ve planlanmasını kapsamaktadır. Aynı zamanda, tedarikçiler, araçlar, üçüncü parti servis sağlayıcıları ve müşteriler arasındaki ilişkileri ve koordinasyonu kapsamaktadır. Tedarik zinciri yönetimi özünde, şirketler

ve tedarikçiler arasında tedarik ve talebin entegre yönetimidir. Tedarik zinciri yönetimi, gün geçtikçe önem kazanan bir kavramdır. Tedarik zinciri yönetimi ile ilgili olarak son 20 yıllık süreçte akademisyen ve araştırmacılar tarafından birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Naslund ve Williamson, 2010: 11).

Tedarik zinciri yönetimi, müşterilere daha az maliyet ve yüksek hizmet sunmak amacıyla, tedarikçilerle müşteriler arasındaki yatay ve dikey ilişkiler ağındaki tedarik zincirinin bir bütün olarak yönetilmesi olarak tanımlanabilir (Christopher, 2011: 3).

Özkan, Bayın ve Yeşilaydın (2015) tedarik zincirini; düşük maliyetlerle yüksek katma değer elde edebilmek için üretimde gerekli olan ham madde, yardımcı malzemeler ve üretim araçlarının kullanılarak ürünlerin nihai müşteriye ulaştırılması sürecinde değer zincirinde yer alan tedarikçi, üretici, dağıtıcı, perakendeci ve müşteri arasında malzeme/ürün, para ve bilginin yönetimi olarak tanımlamıştır (Özkan, Bayın ve Yeşilaydın, 2015: 74-75).

Tedarik zinciri yönetimi, tedarik hattı yönetimi, değer zinciri yönetimi ve değer akışı yönetimi son yıllarda akademik ve iş hayatında artan bir öneme sahip olmuştur (Croom, Romano ve Giannakis, 2000: 67).

Gelecekte etkin bir rekabet için firmalar kendi organizasyonlarının ötesinde entegre olacaklar, temel süreçlerini ve iş fonksiyonlarını tedarikçiler, müşteriler ve başka hizmet sağlayıcılara bağlı olarak organize edeceklerdir. Bu tedarik zinciri senkronizasyonu ham madde, ürün ve bilgi akışını tedarikçilerden müşterilere en az maliyetle, en hızlı biçimde sağlayacak bir yönetim gerektirmektedir. Tedarik zinciri yönetimi bitişten bitişe tedarik zincirini sağlamak için firmanın kendi sınırlarını aşmasına olanak sağlamaktadır (Alniak, 2011: 146).

İşletmelerin küresel pazarlarda rekabet edebilmesi için tedarikçileri arasındaki tedarik zincirinin tamamında haberleşme ve bilgi paylaşımını artırması gerekmektedir. Bundan dolayı tedarik zincirinin işletmeler için bir yönetim stratejisi olarak benimsenmesinde rekabet artışı ve performans olguları etkin rol almaktadır (Kahya ve Aydın, 2014: 28). İşletmelerin ulusal ve uluslararası pazarlarda

varlıklarını devam ettirebilmeleri için tedarikçilerine ilişkin kriterler oluşturması ve tedarikçilerinin performansını değerlendirmesi gerekmektedir.

Tedarik zinciri yönetiminin kökleri 1960'lı yıllara dayanmaktadır. Tedarik zinciri yönetiminin birinci aşaması olan fiziksel dağıtım aşaması ilk olarak Bowersox (1969) tarafından ele alınmıştır. Bowersox, fiziksel dağıtım düşüncesindeki ilgili akımları gözlemlemesine ek olarak, dağıtım fonksiyonunun firma dışında, kanal-içi entegrasyonla, rekabetçi bir avantaj sağlayacağını öne sürmüştür (Bowersox, Londe ve Smykay, 1969: 72; Özdemir, 2004: 89-90).

Tedarik zinciri yönetiminin amacı, müşteriye sağlanan ürün ve hizmet düzeyini en az miktarda kaynak kullanmak suretiyle yapmaktır. Bu amacın gerçekleşmesi ise; tedarikçilerin malzeme akışlarını müşterilerinin ihtiyaçlarına uygun hale getirmesi, tedarik zincirindeki stok yatırımlarının azaltılması ve tedarik zinciri için rekabetçi avantaj oluşturulması ile sağlanabilir (Cooper, Lambert ve Pagh, 1997: 3).

Tedarik zinciri yönetiminin amacı, tedarik zinciri performansını optimize etmek için stratejik, taktiksel ve operasyonel kararlar almaktır. Stratejik kararlar, tedarik zinciri ağında yer alan tedarikçi, ulaşım güzergahları, üretim tesislerinin seçimi, üretim seviyeleri, depolar ve benzeri süreçleri tanımlamaktadır. Taktiksel kararlar, tedarik zincirindeki gerçek talebi karşılamak için plan ve programları gerçekleştirir. Operasyonel kararlar, planları yürütür. Taktiksel ve operasyonel kararlar tedarik zinciri boyunca dağılmış durumdadır (Fox, Barbuceanu ve Teigen, 2000: 165).

Tedarik zinciri yönetiminin amacı, tüm birim ve bağımsız işlemleri (satın alma, talep yönetimi, yeni ürün tasarımı ve geliştirme, üretim planlama ve kontrol vb.) etkili ve verimli bir biçimde yönetmektir. Bu amaç kapsamında tedarik zinciri yönetimi, toptan ve perakende sektöründen çok üretim sektörüne odaklanmaktadır. Tedarik zinciri yönetiminin kısa vadeli hedefi, verimliliği artırmak ve stok ve çevrim süresini azaltmak, uzun vadeli hedefi ise, müşteri memnuniyetini, pazar payını ve kârlılığını artırmaktır (Tan, 2001: 42).

Tedarik zinciri yönetiminin amacı, gerek işletme gerekse de tüm tedarik zinciri performansının artırılmasını sağlamak ve malzeme, bilgi akışını tedarik zinciri boyunca kusursuz bir şekilde gerçekleştirmektir (Li vd., 2006: 107).

Günümüz rekabetçi iş ortamında işletmelerin birçoğu rakipleri ile mücadele etmek için müşteri odaklı ürün ve hizmet sunmaktadır. Tedarik zinciri yönetiminin hedefleri; kârlılığı artırmak, müşterilere değer sunmak ve firmalar arasındaki ilişkiler ağını güçlendirmektedir. Genişleyen küresel pazarlarda işletmelerin kendilerine yer bulabilmeleri için fiyat, teslimat süresi, kalite ve ürün/hizmet çeşitliliğine önem vermesi gerekmektedir. İşletmeler müşterilerine daha az maliyet ile istedikleri ürün veya hizmeti zamanında ve daha düşük maliyetle sunabilmek için tedarik zinciri yönetimine gereken önemi vermelidirler (Sukati vd., 2011: 166).

Tedarik zinciri yönetiminin şirketlerde iyi bir biçimde çalışabilmesi için, şirket hedeflerinin tedarik zincirindeki her bir ortağın uzun vadeli performansını maksimize etmeye yönelik olmalıdır. Etkin bir biçimde organize edilmiş tedarik zinciri sistemleri, dağıtıcılar ile birlikte hareket ederek maliyetlerin düşürülmesine odaklanmaktadır (Tummala vd., 2006: 180).

Tedarik zinciri yönetimi firmalara verimlilik ve maliyet düşüşü gibi avantajlar sağlamaktadır (Tan, Kannan ve Handfield, 1998: 3). Tedarik zinciri yönetimi işletmelerin uluslararası pazarda rekabet avantajı oluşturmasını ve bu rekabet avantajını sürdürmesini sağlamaktadır. Etkin bir tedarik zinciri yönetiminin faydaları; özgün ürün ve hizmetler, daha hızlı çevrim süreleri, üstün kalite, fiyat, rekabet avantajı, daha kısa sipariş zamanı, esnek müşteri yanıtı, gelişmiş teslimat performansı, daha iyi varlık yönetimi, nakit hızı artışı, üstün dağıtım kanalı ilişkileri olarak sıralanabilir (Fawcett, Magnan ve McCarter, 2008: 37).

Tedarik zinciri yönetimi müşteriden gelen taleple başlayan ve tedarikçiler boyunca süregelen planlamaları ve operasyonları kapsayan mantığı anlamakla ilgilidir. Bu açıdan tedarik zincirinin yararları; pazara ürünleri ilk ya da daha hızlı getirerek kazancı artırmak, kaynak, üretim, dağıtım maliyetlerini düşürmek için operasyonel gelişmelerin yapılması, kapasite miktarını düzenlemek ve envanter miktarını

azaltarak kıymet verimliliğini ve sermaye yatırımını artırmak, sunulan hizmet sayısını artırıp hizmet zamanını iyileştirerek müşteri hizmetlerini geliştirme olarak sayılabilmektedir (Almak, 2011: 146).

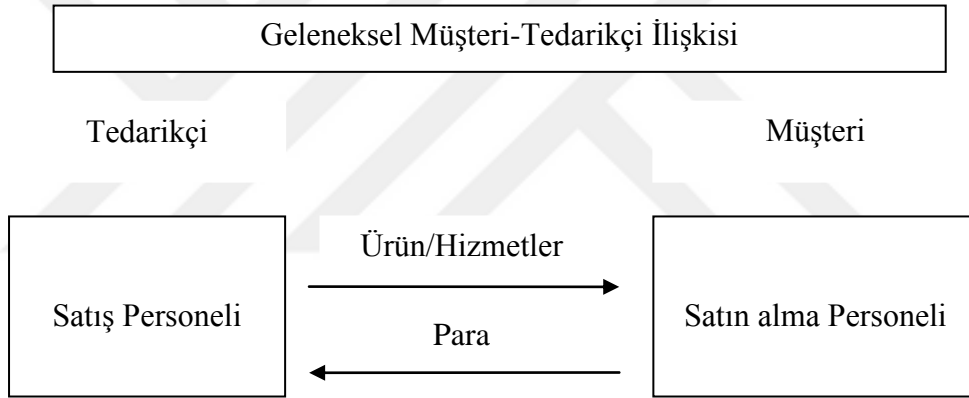
Tedarik zinciri yönetiminin iyi işletilmesine bağlı olarak işletmelerin gereksiz kaynak kullanımı azaltarak, gerçekleştirilen kaynak tasarrufu daha fazla verim elde edilebilecek alanlara yatırım olarak yönlendirilebilmektedir. Tedarik zinciri içinde yer alan işletmelerin karşılıklı fayda sağlamak için kapasite ve ihtiyaçlarını bir araya getirmeleri müşteri taleplerinin etkin düzeyde karşılanmasına ve ürün iade oranının minimize edilmesine olanak sağlamaktadır. Etkin bir tedarik zinciri yönetiminde müşteri taleplerinin yüksek düzeyde karşılanması işletmelere rekabet avantajı sağlamaktadır (Görçün, 2013: 4-5).

Tedarik zincirinin değişik pazar ortamlarında ve alanlarda oluşturacağı katma değer tedarik zincirinin zorlandığı başka pazarlarda kaynak olarak kullanılabilir. Bu durum tedarik zinciri için toplam rekabet olanağı oluşturabilmektedir. İyi işletilen bir tedarik zinciri yönetimi üretim, tedarik, depolama, taşıma ve iletişim fonksiyonları ile ilişkili maliyetleri minimize etmeyi amaçlamaktadır. Tedarik zinciri yönetiminin etkinliği; tedarik zincirinde yer alan üyelerin faaliyetlerinin, kapasitelerinin ve performanslarının uyum içerisinde olmasıyla mümkün olmaktadır (Görçün, 2013: 6-7).

Tedarik zinciri yönetimi performansının içerisinde birçok unsur yer almaktadır ve bu unsurların performansları bir araya gelerek tedarik zinciri yönetimi performansını oluşturmaktadır. Tedarik zinciri performansı işletmelerin başarıya ulaşmasında etkin rol oynamaktadır. İşlevsel ölçümleri dikkate alındığı zaman, tedarik zinciri performans ölçüleri beş grupta incelenmektedir. Bu gruplar sırasıyla; maliyet, kalite, müşteri hizmetleri, varlık yönetimi ve verimlilik. Tedarik zinciri yönetimi performans ölçüleri konusunda birçok yaklaşım olmakla birlikte literatürde yapılan çalışmalarda genellikle, kalite, esneklik, zaman ve maliyet unsurlarının tedarik zinciri yönetimi performansı ölçüleri olarak değerlendirildiği göze çarpmaktadır (Yalçın, 2014: 5-6).

Tedarik zinciri performansı günümüz koşullarında işletmeler için önemli bir rol almaktadır. Tedarik zincirlerinin işletmelerin rekabet ortamlarına uygun olarak hızlı ve verimli bir şekilde cevap verebilme yeteneklerini dengeleyebilecek bir biçimde dizayn edilmesi ve ortak amaca uygun olarak performans göstermesi gerekmektedir. Tedarik zincirinin bu performansına etki eden faktörler; tesisler, envanter, ulaştırma, bilgi, planlama ve kaynak olarak sayılabilir (Yıldız, 2013: 19-20).

Geleneksel müşteri-tedarikçi arasındaki ilişki fiyat esaslı satın alma yaklaşımıyla bütünleşmiş durumdadır. Tedarikçi ve müşteri arasındaki bağ bütünüyle fiyat endekslidir. Şekil 2’de görüleceği gibi tedarikçi-müşteri arasındaki ilişki çoğunlukla bir satış personeli ve satın alma personeli arasında gerçekleşmektedir (Bayhan, 2011: 20-21).



Şekil 2. Geleneksel Müşteri-Tedarikçi İlişkisi

Günümüzde işbirliğine dayalı müşteri-tedarikçi arasındaki ilişki Şekil 3’te gösterilmiştir. Şekil 3’teki yeni yapıda, tedarikçi ve müşteri arasındaki ilişkide iletişim, bilgi paylaşımı ve karşılıklı işbirliği oranı daha da artmış durumdadır (Bayhan, 2011: 21).

İşbirliğine Dayalı Müşteri-Tedarikçi İlişkisi



Şekil 2. İşbirliğine Dayalı Müşteri-Tedarikçi İlişkisi

Tedarik zincirini meydana getiren süreçlere ilişkin Global Tedarik Zinciri Forumu (The Global Supply Chain Forum) üyelerin tanımladığı sekiz süreç literatürde genel kabul görmüştür. Bu süreçler aşağıdaki gibidir (Croxtton vd., 2001: 14; Özdemir, 2004: 91):

1. Müşteri İlişkileri Yönetimi (Customer Relationship Management),
2. Müşteri Hizmet Yönetimi (Customer Service Management),
3. Talep Yönetimi (Demand Management),
4. Sipariş İşleme (Order Fulfillment),
5. İmalat Akış Yönetimi (Manufacturing Flow Management),
6. Satın alma (Procurement),
7. Ürün Geliştirme ve Ticarileştirme (Product Development and Commercialization),
8. İadeler (Returns).

1.2. TEDARİKÇİ SEÇİMİ

Günümüzde tedarikçi seçimi şirketlerin uzun vadeli finansal kararlarını korumaları adına satın alma karar vericilerinin en önemli işlevlerden birisi haline gelmiştir. Tedarikçi seçiminin ana hedefi doğru kaynaktan, doğru miktarda, doğru zamanda, doğru kalitede ve uygun fiyatta ürün satın almaktır (Zouggari ve Benyoucef, 2012: 507). Satın alma departmanlarının birçoğu için tedarikçi seçimi; yeni bir tedarikçiye ihtiyaç duyulması, karar kriterlerinin tespiti ve formüle edilmesi, ön seçim, nihai tedarikçi seçimi ve seçilen tedarikçilerin takibi şeklinde beş adımlı bir süreç olarak kabul edilir (Güleş, Çağlıyan ve Şener, 2014: 160).

Tedarikçi seçimi, üretim için ihtiyaç duyulan ham madde, yarı mamul ve diğer malzemelerin nereden ve ne miktarda alınacağını belirlenmesidir. Ayrıca, tedarikçilerin çok sayıda kriter yardımıyla karşılaştırılarak en uygun olan tedarikçinin tespit edilmesi olarak da tanımlanmaktadır (Ecer ve Küçük, 2008: 357).

Tedarikçi seçimi, tedarik zinciri performans yönetiminde ve tedarikçilerin sisteme uyum sağlama sürecindeki en önemli konulardan bir tanesidir. Firmalar faaliyet gösterdiği sektörlere bağlı olarak birden çok tedarikçiyle işbirliği içerisinde dirler. Tedarikçi seçiminde birinci aşama, işletmenin ihtiyaçları doğrultusunda tedarikçilerin sınıflandırılmasıdır. Tedarikçiler ilk olarak yurt içi tedarikçiler ve uluslararası tedarikçiler olarak sınıflandırılmaktadır. Bir sonraki adımda tedarikçiler üretmiş oldukları ürünlere ve ekipmanlara göre sınıflandırılmaktadırlar. Tedarikçiler ön değerlendirme formları doldurarak kendileri hakkındaki bilgileri işletmelerle paylaşırlar. İşletmeler tedarikçi seçimiyle ilgili ilk değerlendirmeyi doldurulan formlar üzerinden yapmaktadır (Görçün, 2013: 108-109).

Tedarikçi seçiminde, tedarikçinin sağlayacağı gereksinimlerin sadece fiyat açısından değil, tedarik yöntemleri, tedarik sıklığı, tedarik miktarı yönünden sınırlılıkları, tedarik kapasitesi, tedarik ettiği malzeme çeşitliliği ve diğer faktörler açısından da göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Görçün, 2013: 112).

Tedarikçi seçim sürecinin genel amacı satın alma riskini azaltmak, alıcı için değerin maksimize edilmesini sağlamak ve alıcı, satıcı arasında uzun vadeli ilişkiler ağı oluşturmaktır (Chen, Lin ve Huang, 2006: 290; Shiraz, 2014: 17).

Tedarikçi seçimi, işletmeler için verilmesi gereken en önemli kararlardan bir tanesidir. Tedarik fonksiyonunun sorumluluğu genel olarak, uygun fiyat ve teslimatta, istenilen kalite ve miktarda ham madde, makine veya teçhizatın tedariki şeklindedir (Bayhan, 2011: 23). İşletmeler arasındaki rekabetin günümüzde artık tedarik zincirleri arasında olduğu göz önüne alındığında, tedarik zincirinde yer alan bütün birimlerin performansının işletme başarısını doğrudan etkilediği anlaşılmaktadır (Arıkan ve Küçükce, 2012: 256).

Tedarikçi seçimi ve değerlendirmesine yönelik literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Tedarikçi seçimi konusunda ilk çalışmalardan bir tanesi Dickson (1966) tarafından 1966 yılında 273 satın alma sorumlusu ve müdürüne bir anket araştırması uygulanmasıyla yapılmıştır. Dickson tedarikçi seçimi konusunda önemli fikirler öne sürmüş ve tedarikçi seçimiyle ilgili 23 kriterden oluşan bir liste hazırlamıştır. Dickson tarafından hazırlanan listede bulunan kriterler; kalite, teslimat, geçmiş performans, garanti & politikalar, üretim alanı ve kapasite, fiyat, teknik yeterlilik, finansal durum, prosedürlere uyma, iletişim sistemi, itibar ve endüstrideki durum, iş istekliliği, yönetim ve organizasyon, operasyon kontrolleri, tamir hizmeti, tutum, izlenim, paketleme yeteneği, çalışan ilişkileri kayıtları, coğrafi konum, geçmiş işlerin sayısı, eğitim destekleri ve ikili anlaşmalar kriterleridir (Dickson, 1966: 5-17).

Dempsey (1978) çalışmasında tedarikçi seçimi veya tedarikçi değerlendirmesi için teslimat, kalite, fiyat, kapasite, tedarikçinin performans geçmişi, iletişim sistemi, coğrafi konum ve hizmet olmak üzere sekiz önemli kriteri belirlemiştir (Dempsey, 1978: 258).

Weber, Current ve Benton (1991) tedarikçi seçimi ve performans ölçümüyle ilgili çok sayıda çalışmayı incelemişler ve tedarikçi seçimi için en fazla kullanılan kriterin fiyat olduğunu belirlemişlerdir. Fiyat kriterini, teslimat ve kalite kriterinin izlediğini

tespit etmişlerdir. Bu kriterlerin yanında ürün kapasitesi ve yerleşmenin de tedarikçi seçiminde önemli kriterler olduğunu ortaya çıkarmışlardır (Weber, Current ve Benton, 1991: 3).

Araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalarda Dickson'ın 23 kriterinin önceliklerinin değiştiğini ve sektör ve pazar koşullarına bağlı olarak yeni kriterlerin eklendiğini görmek mümkündür (Ordoobadi, 2009: 316; Sydani, Karbasi ve Yekta, 2011: 1323; Tezsürücü, 2013: 67; Tayyar ve Arslan, 2013: 343; Ofluoğlu ve Miran, 2014: 2; Shiraz, 2014: 21-25).

Vokurka, Choobineh ve Vadi (1996) yaptıkları çalışmada tedarikçi seçimi için Dickson'ın kriterlerinden bazılarını aynen kullanmış bunlara ek olarak tedarikçi firmanın güvenilirliği, gelecekteki üretim yetenekleri ve tedarikçi firmanın gelişime açıklığı kriterlerinin önemli olduğunu vurgulamışlardır (Vokurka, Choobineh ve Vadi, 1996: 111).

Ghodsypour ve O'Brien (1998) çalışmalarında tedarikçi seçimi için Dickson'ın kriterlerinden bazılarını aynen kullanmış bunlara ek olarak tedarikçinin değişimlere cevap verebilme yeteneği ve tedarikçi süreç esnekliği kriterlerini kullanmıştır. (Ghodsypour ve O'Brien, 1998: 203).

Humphreys, Shiu ve Chan (2001) yaptıkları çalışmada tedarikçi seçimi için literatürde kabul görmüş genel kriterlere ek olarak, tasarım kapasitesi, problem çözme kapasitesi ve çevre bilinci kriterlerinin giderek önem kazandığı sonucuna varmışlardır (Humphreys, Shiu ve Chan, 2001: 157).

Tam ve Tummala (2001) çalışmalarında tedarikçi seçimi için Dickson'ın kriterlerinden bazılarını ek olarak tedarikçi firmanın destek hizmetlerinin kalitesi, teknoloji gelişimine açıklığı, problem çözme kapasitesi ve kalite sistemi kriterlerinden yararlanmışlardır (Tam ve Tummala, 2001: 180).

Cheraghi, Dadashzadeh ve Subramanian (2004) yapmış oldukları çalışmada tedarikçi seçiminde güvenilirlik, esneklik, tutarlılık ve uzun süreli ilişkiler kriterlerinin önem

kazandığı, Dickson'ın kriterlerinden garanti & politikalar, geçmiş iş miktarı, iş istekliliği ve eğitim yardımları kriterlerinin önemini yitirdiği sonucuna varmışlardır (Cheraghi, Dadashzadeh ve Subramanian, 2004: 97).

Geleneksel çalışmalar incelendiğinde tedarikçi seçiminde ya da değerlendirilmesinde fiyat, kalite ve teslimat kriterlerinin ana kriter olarak ele alındığını görmek mümkündür. Bunlara ek olarak esneklik, satış sonrası hizmet ve müşteri memnuniyeti kriterleri de tedarikçilerin değerlendirilmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Akman ve Alkan, 2006: 26).

Ha ve Krishnan'ın (2006) çalışmalarında tedarikçi seçimi için Dickson'ın kriterlerine ek olarak e-ticaret yeteneği, çevre dostu ürünler, JIT (Just in Time) (tam zamanında üretim) yeteneği, ürün görünümü, katalog teknolojisi, müşteri talebine yanıt, süreklilik ve satış sonrası servis gibi yeni kriterler kullanılmıştır (Ha ve Krishnan, 2008: 1304).

Yıldız (2013) çalışmasında üretim, sağlık, elektrik-elektronik, mobilya-beyaz eşya, tekstil, tarım-inşaat, otomotiv, ulaşım-lojistik, gıda, bilişim sektörlerindeki tedarikçi seçim kriterlerine ilişkin 89 adet farklı çalışmayı incelemiştir. Tekstil sektöründe tedarikçi seçim kriterleri olarak; kalite, maliyet ve teslimat kriterlerinin öne çıkan kriterler olduğu anlaşılmaktadır (Yıldız, 2013: 34-37).

Patil (2014) çalışmasında 1966-2012 yılları arasındaki 27 farklı araştırmacının çalışmalarını incelemiştir. Bu çalışmayla literatürde 48 farklı tedarikçi seçim kriterinin bulunduğu belirlenmiştir (Patil, 2014: 616-623).

Tablo 1'de özellikle tedarikçi seçiminde kullanılan kriterler ve tekstil ve hazır giyim sektörüne ilişkin uygulama alanları toplu bir şekilde verilmiştir.

Tablo 1. Tedarikçi Seçimi Kapsamında İncelenen Çalışmalarda Tedarikçi Seçim Kriterleri ve Çalışmaların Tekstil ve Hazır Giyim Sektörü Uygulama Alanları

Yazar (lar)	Yıl	Tedarikçi Seçim Kriterleri	Uygulama Alanı
Teng ve Jaramillo	2005	Coğrafi konum, taşıma koşulları, ticaret kısıtlaması, toplam sipariş teslim süresi, kapasite, stok durumu, bilgi paylaşımı, pazarlık edilebilirlik, esnek üretim, satış fiyatı, iç maliyet, faturalandırma, sürekli iyileştirme programı, müşteri hizmetleri, tam zamanlı üretim, güvenilirlik, ülkenin politik durumu, döviz durumu, garanti politikaları	Hazır Giyim
Paksoy ve Güleş	2006	Kalite, tedarikçi performansı, maliyet, uzlaşma yeteneği, teknoloji, renk tonu özelliği, mesafe	Hazır Giyim
Köprülü ve Albayrakoğlu	2007	Maliyet, kalite, teslimat, esneklik, yenilik, güvenilirlik	Hazır Giyim
Su ve ark.,	2009	Üretim maliyeti, üretim kalitesi, teslimat hızı, teslimat güvenilirliği	Hazır Giyim
Ünal ve Güner	2009	İşlevsellik, uygulama yaklaşımı, destek, maliyetler, örgütsel güvenilirlik, tecrübe, esneklik, müşteri odaklılık, gelecek stratejisi	Hazır Giyim
Cebeci	2009	Toplam maliyet, uygulama yaklaşımı, işlevsellik, esneklik, güvenilirlik, kullanım kolaylığı, Ar-Ge yeteneği, iç süreçlere uyum, süreç yenileme, diğer sistemlerle uyumluluk, satış sonrası servis, firma itibarı, garanti şartları ve süresi	Hazır Giyim
Ayyıldız ve Demirel	2010	Fiyat, coğrafi konum, kalite, mali durum, esneklik, tekstil sektöründeki yeri, geçmiş performansı, müşteri ihtiyaçlarını karşılama, teslimat performansı, paketleme, ilişkilerin yakınlığı, anlaşmazlıkların çözülmesi, renk çalışması süreci	Örme
Chan ve Chan	2010	Ticaret kısıtlaması, coğrafi konum, toplam sipariş teslim süresi, kalite sertifikasyonu, kalite taahhüdü, sürekli iyileştirme programı, müşteri hizmetleri, tam zamanında teslimat, teslimat güvencesi, garanti politikaları, esneklik, pazarlık edilebilirlik, stok durumu, üretim kapasitesi, bilgi paylaşımı, ham madde durumu, satış fiyatı, lojistik maliyeti, vergi maliyeti, geleceğe yönelik yönetim anlayışı, finansal durum, firma itibarı, iş gücü istikrarı, teknik kapasite, teknolojik kapasite, çevre yönetim planı, çevresel sertifikalar	Hazır Giyim
Jin ve Farr	2010	Ülke kaynakları, kalite, teknoloji, teslimat süresi, maliyet	Hazır Giyim
Güngör ve ark.,	2010	Ürün kalite düzeyi, teknik yeterlilik, üretim kapasitesi, yönetim sistemi, ürün yelpazesi, lojistik durumu, finansal durum	Genel Tekstil
Chen	2011	Kalite, maliyet, teknoloji ve üretim, örgüt yönetimi	Genel Tekstil
Güneri ve ark.,	2011	Maliyet, kalite, teslimat, işbirliği, çözüm odaklılık	Boya ve Baskı
Sydani ve ark.,	2011	Coğrafi konum, nakliye kondisyonu, teslim süresi, ticaret kısıtlaması, kapasite, stok durumu, beklenmedik ihtiyaçları karşılama durumu, sipariş esnekliği, satış maliyeti, iç maliyet, faturalandırma, sürekli iyileştirme programı, müşteri hizmetleri, standart ve sertifikalar, hata oranı, güven duygusu, finansal güç, fiyatlandırma ve ödeme politikaları, garanti politikaları	İplik
Yılmaz ve ark.,	2011	Üretim kapasitesi, teknik yeterlilik, paketleme yeteneği, ürün kalitesi, ürün çeşitliliği, fiyat uygunluğu, finansal durum, ödeme kolaylığı, teslimat başına miktar, teslimat süresinde azalma, teslimat kalitesi, referanslar, esneklik, tecrübe, satış sonrası servis, iletişim yeteneği, problem çözme yeteneği, kurulum yeteneği	Hazır Giyim
Yücenur ve ark.,	2011	Güvenilirlik, tam zamanında teslimat, tedarikçi kapasitesi, yenilikçilik, nakliye yeri kalitesi, esneklik ve çeviklik, hasarsız nakliye, iletişim kolaylığı, üretim maliyeti, ürün fiyatı, nakliye ve dağıtım maliyeti, kalite maliyeti, gümrük vergileri, teslimat gecikme maliyeti, sipariş gecikmeleri, politik istikrar, ekonomi, müşteri şikayetleri, coğrafi yapı, terörizm, iklim koşulları, kültürel farklılıklar, yönetim ve organizasyon yapısı, finansal durum, itibar, tecrübe, işbirliği, kanuna uygunluk	Hazır Giyim

Salam	2011	Teslimat, esneklik, maliyet, kalite, güvenilirlik	Hazır Giyim
Ozkök ve Tiryaki	2011	Kalite, net maliyet, servis	Boya- Baskı
Öztürk ve ark.,	2011	Kalite, tedarik performansı, teknik kapasite, opsiyon/promosyonlar, maliyet, finansal kapasite, tecrübe ve isteklilik	Hazır Giyim
Baskaran ve ark.,	2012	Ayrımcılık, insan haklarının kötüye kullanımı, çocuk işçiliği, uzun çalışma saatleri, haksız rekabet, çevresel performans	Hazır Giyim
Yayla ve ark.,	2012	Kalite, teslimat süresi, maliyet, esneklik, coğrafi konum	Hazır Giyim
Shaw ve ark.,	2012	Maliyet, kalite, teslim süresi, talep, sera gazı emisyonu	Hazır Giyim
Mokhtari ve ark.,	2013	Kalite, maliyet, coğrafi konum, teslimat, güven	İplik
Kumar ve ark.,	2013	Ürün kalitesinde tutarlılık, gelen bileşenlerin iyileştirilmesi, taşıma esnasında hasarın azaltılması, stok düzeyinin düşürülmesi, parti boyutunu azaltma, ham madde kaynak sıkıntısı, zamanında teslimat, sipariş teslim süresinin kısaltılması, ürün geliştirme süresinin azaltılması	Genel Tekstil
Ofluoğlu ve Miran	2014	Kalite, fiyat, esneklik, müşteri memnuniyeti, teslimat süresi, servis kalitesi	Hazır Giyim
Özfirat ve ark.,	2014	Kalite, teslimat süresi, teslimat performansı, kapasite	Hazır Giyim
Stojanov ve Ding	2015	Ürün kalite seviyesi, üretim esnekliği, ürün yelpazesi, teknik yeterlilik, yönetim sistemi, lojistik konumu, finansal durum	Hazır Giyim
Kara ve ark.,	2016	Dürüstlük, fiyat, servis performansı, kalite, karşılıklı güven, müşteri ilişkileri, coğrafi konum, esneklik, garanti, kapasite, problem çözme, teslimat güvenilirliği, AR-GE yeteneği, işletme geçmişi, marka adı, pazar uzmanlığı, prestij, sertifikalar, dizayn, tedarikçi profili	Genel Tekstil
Shukla	2016	Maliyet, kalite, teslimat, esneklik, güvenilirlik	Hazır Giyim
Kara ve Ecer	2016	Birim fiyat, taşıma maliyeti, kusur oranı, kalite sorunu, ürün kalitesi, teslimat zamanına uyma, teslimat miktarına uyma, tedarikçinin finansal yapısı, tedarikçinin imajı, yetenek ve kapasite, garanti, satış sonrası hizmetler	İplik
Acar ve ark.,	2016	Kalite, atık kontrolü, çevre yönetimi, yeşil ürün, teslimat, servis, maliyet, stratejik ittifak	Genel Tekstil
Ersoy	2017	Kalite, teslimat, prosedürlere uygunluk, performans geçmişi, teknik yeterlilik	Dokuma- Boya
Amindoust ve Saghafinia	2017	Maliyet, kalite, teslimat, stok düzeyinin düşürülmesi, yabancı madde kontrolü, çevre yönetim sistemi, sosyal adalet, iş sağlığı ve iş güvenliği	Hazır Giyim

Tedarikçi seçimi diğer sektörlerde olduğu gibi tekstil sektöründe de faaliyet gösteren işletmeler içinde verilmesi gereken önemli kararlardan bir tanesidir. Tedarikçi seçiminde tekstil sektörüne has bazı kriterler ve bu kriterlerin tekstil sektörü açısından önemine aşağıdaki paragraflarda yer verilmiştir.

Tozdan kaynaklı tehlikeler akciğerin savunma sistemini etkilemektedir. Tozlar uzun süre akciğerde birikerek pneumoconiosis (pnömokonyoz/toz hastalığı) olarak bilinen akciğer hastalığına neden olmaktadır. Çırçır, geri dönüşüm elyaf (battaniye, kumaş, iplik vb.), iplik, konfeksiyon, dokuma ve kot taşıma işi yapılan tekstil işletmelerinde ortaya çıkan tozlar çalışanlar üzerinde kısa süreli olarak (iş yerinde performans düşmesi ve dikkatsizliğe bağlı iş kazaları riski vb.) negatif etkilere sahiptir. Bu tozlar uzun dönemde ise tekstil sektöründe çok sık rastlanan ve bisinosiz adı verilen meslek hastalığına sebep olmaktadır. Ortamdaki tozun yoğunluğu, üretim şekilleri ve maruz kalma süreleri bisinosizin görülme sıklığını etkilemektedir. Alınacak en önemli tedbirlerden bir tanesi, ortaya çıkan bu tozların kaynağından emilerek uzaklaştırılmasıdır (Bakırcı ve Tümerdem, 2002: 16-18; Mezarıcıoğlu ve Oğulata, 2014: 76).

Open-end (Açma-kapama) iplik üretim sisteminde pamuk elyaflarının içinde bulunan çepel, döküntü, toz, kum ve yabancı maddeler iplik üretimi sırasında makine verimine ve iplik kalitesine önemli düzeyde olumsuz etki yapmaktadır (Ersoy, 2014: 24).

Bir diğer önemli tedbir ise, ham madde içerisinde kirliliğe neden olan toz, çer, çöpel, yaprak, çığit parçaları, toprak, kum ve metal parçaları gibi yabancı maddelerin tedarikçiden teslim alınmadan önce ham madde içerisinden uzaklaştırılması (kirlilik oranının minimize edilmesi) için tedarikçi işletme ve satın alma işlemini gerçekleştiren işletme arasında işbirliğinin sağlanmasıdır.

Kirliliğin işletmeler açısından olumsuz etkileri; kirlilik kaynaklı meslek hastalıklarına bağlı olarak işverenlerin yüksek tazminatlar ödemesi, nitelikli iş gücü kaybı, makine ve ekipmanların zarar görmesi, ürün kalitesinin düşmesi, işletme içi verimlerin düşmesi ve benzeri problemler olarak sıralanabilir. Sözü edilen bu

sebeplerden dolayı tedarikçi seçiminde ham madde kirlilik oranının bir kriter olarak değerlendirilmesi oldukça önemlidir.

Özdemir ve Gürcan (2013) araştırmalarında %100 yün halı ipliklerinde ham madde (elyaf karışım oranı ve elyaf özellikleri) kompozisyonun ipliğın fiziksel özelliklerine önemli ölçüde etki ettiğini belirlemiştir. Kaliteli liflerden oluşan harmandan elde edilen ipliğın fiziksel özelliklerinin daha iyi ve ince liflerden oluşan ipliklerin özgül kopma mukavemetinin yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Oğuz ve Dayık (2014) araştırmalarında elyaf uzunluğının artmasının iplik mukavemetini artırdığını ve iplik mukavemetinin artmasının iplik kalitesine olumlu etki yaptığını sonucuna varmışlardır.

Ersoy (2014) çalışmasında geri dönüşüm elyaftan iplik üretim özellikleri ile ilgili araştırmasında, ham madde kompozisyonunun iplik kalite parametreleri üzerinde doğrudan etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır. Çalışmada iki farklı ham madde kompozisyonuna sahip ipliklerden %80 pamuk ve %20 poliester elyaftan elde edilen ipliğın mukavemet, %uzama ve Uster değerlerinin %91 pamuk ve %9 poliester elyaftan elde edilen iplikten daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Tekstil ve hazır giyim sektöründe çevresel bütünlük ve sürdürülebilirliğin sağlanması için üretici firmaların çevreye karşı sorumluluklarını artırması gerekmektedir. Üretici firmaların doğaya zarar vermeyen, biyo-çeşitliliği tehdit etmeyen ve toksik olmayan sürdürülebilir şekilde üretilmiş ya da geri dönüştürülmüş ham maddeleri kullanması gerekmektedir (Eser vd., 2016: 57).

Ersoy ve Şenol (2017) çalışmalarında kullanılan kaynakların doğada sınırlı olması, dünya genelinde çevre bilinci konusunda artan farkındalık, doğal kaynakların hızla tüketilmeye devam etmesi, ekonomik problemler ve diğeri birçok faktörün iplik üreticilerini, battaniye üreticilerini geri dönüşüm elyaftan ürün üretmeye yönlendirdiğini belirtmişlerdir. Çalışmada, doğanın temiz kalmasını ve kaynakların korunmasını sağlamak için geri dönüşüm ham maddelerden üretim yapmanın

önemini vurgulamışlardır. Ayrıca geri dönüşüm ham maddeden üretim gerçekleştirmenin gelecekte önemli bir yere sahip olacağını ortaya koymuşlardır.

Ham madde özelliğininin (elyaf karışım oranı ve elyaf özellikleri) tekstil işletmelerinde üretilen ürünün özelliklerine doğrudan etki ettiği anlaşılmaktadır. Ayrıca kullanılan ham madde işletme verimini de etkilemektedir. Bu sebeplerden dolayı tedarikçi seçiminde ham madde özelliğinin bir kriter olarak değerlendirilmesi oldukça önemlidir.

1.3. TEDARİKÇİ SEÇİMİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Tedarikçi seçiminde kullanılan yöntemlere ilişkin bilgilere sırasıyla aşağıda yer verilmiştir.

1.3.1. Kategorik Yöntem

Kategorik yöntemde tedarikçinin tecrübelerine ve geçmiş verilere bağlı olarak kriter verileri değerlendirilir. (Boer vd., 2001: 80). Kategorik yöntemde tedarikçinin her bir kriter için aldığı puanlar toplanmak suretiyle toplam bir performans değeri elde edilmektedir. Kategorik yöntemin en önemli avantajı çok kolay uygulanabiliyor olması ve az veri gerektirmesidir (Kazançoğlu, 2008: 86).

1.3.2. Doğrusal Ağırlıklandırma Yöntemi

Doğrusal ağırlıklandırma yönteminde her bir kritere önem düzeylerine bağlı olarak ağırlıklar verilmiştir. Değerlendirmede tedarikçinin performansı her bir kritere göre derecelendirilmektedir. Ağırlıklandırılmış değerler hesaplanırken, tedarikçinin performans dereceleri kriterlerin önem dereceleriyle çarpılır. Tüm kriterlere ait değerler toplanarak her bir tedarikçinin ağırlıklandırılmış değeri hesaplanır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, en yüksek değere sahip tedarikçi en iyi tedarikçi olarak seçilir (Timmerman, 1986: 2).

Kategorik yöntemle oranla daha nesnel bir yapıya sahip olan doğrusal ağırlıklandırma yönteminde, değerlendirme kriterlerine ağırlıkların atanması sırasında kişisel yargı ve öznel görüşler sürece büyük ölçüde dahil olmaktadır (Tezsürücü, 2013: 72).

1.3.3. Kümeleme Analizi

Kümeleme analizi, bir veri setinde bulunan ve doğal gruplamaları kesin olarak bilinmeyen değişkenleri veya birim değişkenleri benzer alt gruplara ayırmak için kullanılan yöntemler topluluğudur (Kızgın, 2009: 103).

Kümeleme analizinde ilk adımda bir benzerlik veya uzaklık ölçüsü seçilmektedir. İkinci adımda kullanılacak kümeleme yöntemine ilişkin bir karara varılır. Üçüncü adımda belirlenen teknik için kümeleme yöntemi seçilir. Son adımda ise küme sayısı tespit edilerek kümeleme sonuçları yorumlanır (Öz, Taban ve Kar, 2009: 12). Tedarikçi seçiminde kümeleme analizi, verilerin özelliklerine göre kümelere ayrılması için kullanılmaktadır.

1.3.4. Toplam Maliyet Yaklaşımı

Toplam maliyet yaklaşımında, tedarikçilerden alınan fiyat teklifi başlangıç noktası olarak kabul edilmekte ve her bir konu maliyet faktörü ile birlikte değerlendirilmektedir. Süreç ilk olarak organizasyon için önemli olan faktörlerin belirlenmesiyle başlar. Daha sonra her bir faktör bir maliyet bileşenine dönüştürülerek fiyat modülüne eklenir. Sonuçta her bir tedarikçinin belirlemiş olduğu fiyat tedarikçinin performansını değerlendirmek amacıyla uygun olan faktöre ilave edilmektedir. Firma birim maliyeti en düşük olan tedarikçiyi tercih eder. Toplam maliyet yaklaşımını kullanarak tedarikçi seçimi yapmak isteyen işletmeler teslimat, kalite performansı, teslim süresi, servisler ve sosyal politikalar gibi finansal olmayan konularla ilgili problemlerle yüzleşmek zorunda kalır (Bhutta ve Huq, 2002: 127).

1.3.5. Çok Yönlü Fayda Teorisi

Çok yönlü fayda teorisi, karar verme analizi alanındaki başlıca yöntemlerden bir tanesidir. Çok yönlü fayda teorisinin ilk aşaması her bir satırın bir alternatifi ve her

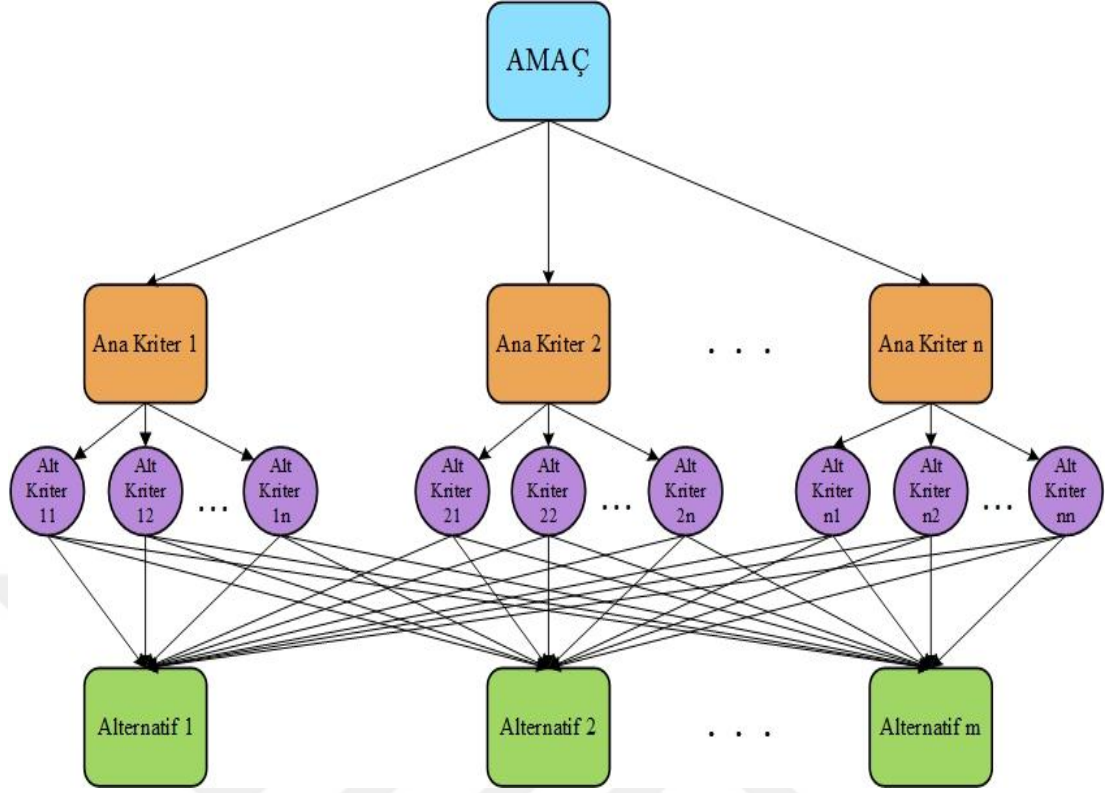
bir sütünun bir performans ölçümünü temsil edeceği bir matris oluşturmaktır. Matriste bulunan her bir hücre alternatifin performansını tahmin etmektedir. Bu tahmin işlemi kesin olmadığı zaman, uygun miktarda aralık veya olasılık dağılımları risk analizi yöntemi kullanılarak belirlenmektedir (Butler, Morrice ve Mullerkey, 2001: 803).

Çok yönlü fayda teorisinde durumlar analiz edilir ve değerlendirme süreci oluşturulur. Hangi alternatifin en iyi performansı verdiğinin belirlenmesi gerektiğinde çok yönlü fayda teorisinin kullanılması uygundur (Gumasta vd., 2011: 1676).

1.3.6. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Karar verici karar noktaları arasından gerçekleştireceği seçim sırasında eğer tek bir değerlendirme faktörüne sahip ise, değerlendirme faktörünün özelliğine bağlı olarak en büyük avantajlı veya en küçük dezavantajlı olan karar noktasını kolayca seçebilmektedir (Yaralıoğlu, 2010: 13).

Genellikle kompleks karar verme problemlerinde alternatifler içerisinde ölçülmezlik ve karşılaştırılmazlıklar meydana gelebilmektedir. Çok kriterli karar verme yöntemleri ilave yaklaşımlarla bu durumları ortadan kaldıracak çözümleri karar vericiye sunmaktadır. Bir alternatif bir kriterde diğer bir alternatife göre üstünlük sağlarken, başka bir kriterde diğer alternatife karşı üstünlük sağlayamamaktadır. Bu gibi sorunlar için çok kriterli karar verme yöntemleri karar vericiye çeşitli yöntemlerle yardım etmektedir (Urfalıoğlu ve Genç, 2013: 332). Çok kriterli karar verme problemlerinde kullanılan hiyerarşik yapı Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde Hiyerarşik Yapı

Kaynak: Çakır, 2016: 205

Şekil 4’de gösterildiği gibi alternatifler (karar verme birimleri) farklı ana kriterlere ve/veya bu ana kriterlerin altında yer alan alt kriterlere göre değerlendirilerek karar verme problemleri çözümlenmektedir.

Yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerine aşağıda yer verilmiştir.

1.3.6.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi

1970’li yıllarda Thomas L. Saaty (1980) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process) çok kriterli kararda en çok kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ikili karşılaştırmaya dayalı bir karar verme yöntemidir ve kriterlerin ağırlıkları uzman görüşüne bağlı olarak belirlenmektedir (Saaty, 1990: 10; Saaty, 2008: 85; Dharni vd., 2016: 2; Badri vd., 2016: 441).

Yaygın olarak kabul gören AHP çok kriterli analiz için kapsamlı şekilde uygulanan ve birçok karar verme probleminde kullanılan bir yöntemdir (Romeijn vd., 2016: 2). Karar vermede nitel ve nicel verileri birlikte değerlendiren AHP, diğer çok kriterli karar verme yöntemleriyle de birlikte uygulanmaktadır. AHP, karmaşık kararları analiz etmek için matematiksel ve psikolojik temellere dayanan yararlı bir yöntemdir (Petrini vd., 2016: 87).

AHP, bir veya daha fazla karar vericinin olduğu, çok fazla alternatif ve kriterin bulunduğu karar verme problemlerinde kullanılmaktadır. AHP alternatiflerin ortak bir kritere göre ikili karşılaştırması esasına dayanan bir ölçüm teorisi olarak bilinmektedir (Duke ve Hyde, 2002: 131-137).

AHP, bir karar hiyerarşisi üzerinde önceden tanımlanmış bir karşılaştırma skalası kullanılarak, faktörler ve bu faktörler açısından karar noktalarının önem değerlerinin birebir karşılaştırılmasına dayalı bir yöntem olarak tanımlanabilir (Yaralıoğlu, 2010: 42).

AHP'de organize bir biçimde karar vermek ve öncelikleri belirlemek için izlenecek adımlar sırasıyla aşağıdaki gibidir (Saaty, 2008: 85) :

1. Karar verme probleminin tanımlanması ve amaca ulaşacak karar kriterlerinin belirlenmesi,
2. Karar vericinin amacı doğrultusunda üstten başlatarak hiyerarşik yapı oluşturulması, orta seviyede kriterlerin (kriterler ve bu kriterlere ait alt kriterler) ve en düşük seviyede alternatiflerin bulunması,
3. Kriterlerin ve alt kriterlerin kendi aralarında önem derecelerinin belirlenmesi için ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulması,
4. Kriterlere göre alternatiflerin ikili karşılaştırılması ve alternatiflerde önceliklerin hesaplanması, tutarlılık oranının hesaplanması, kriterlerin önem ağırlıkları ile alternatiflerin önem ağırlıklarının çarpılarak her bir alternatif için öncelik değerlerinin bulunması.

AHP yöntemi kullanılarak yapılan karşılaştırmalarda kriter açısından bir faktörün diğer bir faktöre göre kaç kez daha önemli veya baskın olduğunu gösteren bir ölçeğe ihtiyaç vardır (Saaty, 2008: 85). AHP yöntemi kullanılarak yapılan karşılaştırmalarda kullanılan önem dereceleri Saaty'nin 1-9 ölçeğine göre yapılmaktadır ve Tablo 2'de gösterilmiştir. Tablo 2'deki ölçekte en küçük değer 1/9, eşit değer 1 ve en yüksek değer 9'dur.

Tablo 2. İkili Karşılaştırmada Kullanılan Önem Dereceleri Skalası

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	Her iki faktör aynı öneme sahiptir
3	Orta Derecede Önemli	Bir faktör diğer faktöre göre biraz daha önemlidir
5	Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre kuvvetle daha önemlidir
7	Çok Kuvvetli Derecede Önemli	Bir faktör diğerine göre yüksek derecede kuvvetli olarak tercih edilmektedir
9	Mutlak Derecede Önemli	Faktörlerden bir tanesi diğer faktörden çok yüksek derecede önemlidir
2, 4, 6, 8	Ara Değerler	İki faktör arasında küçük farklar olduğunda kullanılmaktadır
Karşılıklı Değerler	<i>i, j</i> ile karşılaştırılırken bir değer <i>x</i> olarak atanmış ise; <i>j, i</i> ile karşılaştırılırken atanacak değer $1/x$ olacaktır.	

Kaynak: Saaty, 1990: 15

Bir karar verme probleminin AHP ile çözümlenebilmesi için gerçekleştirilmesi gereken aşamalar toplam altı adım olup aşağıdaki gibi tanımlanmıştır (Yaralıoğlu, 2010: 42-49; Çakır, 2016: 206; Oral, 2016: 307-308):

Adım 1: Karar verme probleminin tanımlanması.

Karar verme probleminin tanımlanması iki adımdan oluşmaktadır. İlk adımda karar noktaları belirlenir. İkinci adımda ise karar noktalarını etkileyen faktörler belirlenir. Karar noktalarının sayısı *m*, karar noktalarını etkileyen faktör sayısı ise *n* sembolüyle gösterilmektedir.

Adım 2: Faktörler arası karşılaştırma matrisinin oluşturulması.

Faktörler arası karşılaştırma matrisi, $n \times n$ boyutlu bir kare matris şeklindedir. Bu matrisin köşegeni üzerindeki matris bileşenleri 1 değerini alır. Karşılaştırma matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n}$$

Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenler, $i=j$ olduğu zaman 1 değerini almaktadır. Faktörlerin birebir karşılaştırılmasında Tablo 2'deki önem dereceleri skalası kullanılmaktadır.

Adım 3: Faktörlerin yüzde önem dağılımlarının belirlenmesi.

Karşılaştırma matrisi, faktörlerin birbirlerine göre önem seviyelerini belirli bir mantık içerisinde göstermektedir. Ancak faktörlerin bütün içerisindeki ağırlıklarını (önem düzeylerini) belirlemek için, karşılaştırma matrisinde bulunan sütun vektörleri kullanılarak n adet ve n bileşenli aşağıda gösterilen B sütun vektörü oluşturulmaktadır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1.1)$$

B sütun vektörünün hesaplanması için (1.1) numaralı formülden yararlanılmaktadır.

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{n1} \end{bmatrix}_{n \times 1}$$

Yukarıdaki üç adım değerlendirme faktörleri için tekrar edildiğinde faktör sayısı kadar B sütun vektörü elde edilecektir ve n adet B sütun vektörü bir matris formatında bir araya getirildiğinde ise aşağıda gösterilen C matrisi elde edilecektir.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n}$$

C matrisinden yararlanılarak faktörlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilebilir. (1.2) numaralı formülden yararlanılarak C matrisinin satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınarak W öncelik vektörü elde edilir.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1.2)$$

W öncelik vektörünün hesaplanması için (1.2) numaralı formülden yararlanılmaktadır.

$$W_i = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}_{n \times 1}$$

Adım 4: Faktör kıyaslamalarındaki tutarlılık oranının ölçülmesi.

Tutarlılık oranı (CR), faktör sayısı ile temel değer olarak bilinen (λ) bir katsayının karşılaştırılmasına dayanmaktadır. λ 'nın hesaplanması için, A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün çarpımı sonucu aşağıda gösterilen D sütun vektörü elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}_{n \times n} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}_{n \times 1} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ d_n \end{bmatrix}_{n \times 1}$$

D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölünmesi suretiyle her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer (E), (1.3) numaralı formülden elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması (1.4) numaralı formülden ise karşılaştırmaya ilişkin temel değer (λ) elde edilir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (1.3)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{j=1}^n E_{ij}}{n} \quad i=1, 2, \dots, n \quad j=1, 2, \dots, n \quad (1.4)$$

AHP yönteminde yapılan ikili karşılaştırmalar, karar vericilerin subjektif algılarını içermektedir. Bu algıların tutarlılığının ve göreceli ağırlıklarının doğruluğunun sağlanmasında Tutarlılık İndeksi (CI) ve Tutarlılık Oranı'na (CR) bakılmasına ihtiyaç vardır. Bir karşılaştırma matrisinin tutarlı olabilmesi için en büyük değerinin (λ_{\max}) matris boyutuna (n) eşit olması gerekmektedir. Tutarlılık İndeksi (CI) (1.5) numaralı ve Tutarlılık Oranı (CR) (1.6) numaralı eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmaktadır. RI , Rastgele İndeks değeridir ve farklı eleman sayılarına göre Tablo 3'teki değerleri almaktadır.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1.5)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1.6)$$

Tablo 3. RI , Rastgele İndeks Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Kaynak: Saaty, 1994: 42

Karşılaştırmalardaki tutarlılık oranı (CR) için kabul edilebilir üst limit 0,10'dur. Tutarlılık oranının 0,10'dan büyük olduğu durumlarda karar vericilerden tekrar değerlendirme yapmaları istenmektedir.

Adım 5: Her bir faktör için, m karar noktasındaki yüzde önem dağılımlarının hesaplanması.

Burada karşılaştırmalar ve matris işlemleri faktör sayısı kadar (n defa) tekrar edilir. Ancak bu defa her bir faktör için karar noktalarında kullanılacak matrislerin boyutu $m \times m$ olacaktır. Her bir karşılaştırma işleminden sonra $m \times 1$ boyutlu ve değerlendirilen faktörün karar noktalarına göre yüzde dağılımların verildiği aşağıda gösterilen S sütun vektörü elde edilmektedir.

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ s_{m1} \end{bmatrix}_{m \times 1}$$

Adım 6: Karar noktalarındaki sonuç dağılımının bulunması.

Bu aşamada S sütun vektöründen meydana gelen, $m \times n$ boyutlu aşağıda gösterilen K karar matrisi oluşturulur.

$$K = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ \cdot & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

W sütun vektörü ile K karar matrisinin çarpımı sonucu aşağıda gösterilen L sütun vektörü elde edilir. L sütun vektörü karar noktalarının yüzde dağılımını vermektedir.

Bu dağılım aynı zamanda karar noktalarının önem sırasını da göstermektedir.

$$L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}_{n \times 1} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ l_n \end{bmatrix}_{n \times 1}$$

1.3.6.2. ELECTRE

ELECTRE (Gerçeği Yansıtan Eleme ve Seçim) (Elimination and Choice Translating Reality) yöntemi ilk olarak 1966 yılında Benayoun (1966) tarafından ortaya atılmış bir çoklu karar verme yöntemi olarak bilinmektedir (Benayoun, Roy ve Sussman, 1966; Hashemi vd., 2016: 1555). Yöntemin ana fikri, her bir değerlendirme faktörü için alternatif karar noktaları arasındaki ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanmaktadır (Yücel ve Ulutaş, 2009: 331). Daha sonra günümüze kadar sırasıyla ELECTRE I, II, III, IV ve ELECTRE TRI yöntemleri olarak bilinen ELECTRE yönteminin türevleri geliştirilmiştir (You, Chen ve Yang, 2016: 1).

ELECTRE yönteminin adımları aşağıdaki gibidir (Yaraloğlu, 2010: 14-18; Pang, Zhang ve Chen, 2011: 896-897; Yavuz, 2013: 215-216):

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması.

A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir ve aşağıda gösterilmiştir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

A_{ij} matrisin de m karar nokta sayısını, n ise değerlendirme faktörü sayısını vermektedir.

Adım 2: Standart karar matrisinin oluşturulması.

A matrisinin elemanlarında yararlanarak standart karar matrisi (1.7) numaralı formülle hesaplanmaktadır.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1.7)$$

Hesaplamalar sonucunda X matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

Adım 3: Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması.

Değerlendirme faktörlerinin ağırlıkları (w_i) belirlenir ve ilgili w_i vektörü X matrisi ile çarpılarak Y matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur,

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

Adım 4: Uyum ve uyumsuzluk setlerinin belirlenmesi.

Uyum setleri (1.8) numaralı formülle hesaplanmaktadır.

$$C_{kl} = \{j, y_{kj} \geq y_{lj}\} \quad (1.8)$$

Uyumsuzluk setleri ise (1.9) numaralı formülle hesaplanmaktadır.

$$D_{kl} = \{j, y_{kj} < y_{lj}\} = j - C_{kl} \quad (1.9)$$

ELECTRE yönteminde her bir uyum seti sayısı kadar uyumsuzluk seti sayısı vardır.

Adım 5: Uyum ve Uyumsuzluk matrislerinin oluşturulması

C matrisi $m \times m$ boyutludur ve C matrisinin elamanları (1.10) numaralı formülle hesaplanmaktadır.

$$C_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \quad (1.10)$$

Yukarıdaki formül kullanılarak C uyum matrisi aşağıdaki gibi oluşturulur,

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & c_{23} & \dots & c_{2m} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & - \end{bmatrix}$$

Uyumsuzluk matrisinin oluşturulması için öncelikli olarak uyumsuzluk indeksi (d_{kl}) (1.11) numaralı formül kullanılarak hesaplanır.

$$d_{kl} = \frac{\sum_{j \in D_{kl}} (|y_{kj} - y_{lj}|)}{\sum_j (|y_{kj} - y_{lj}|)} \quad (1.11)$$

Uyumsuzluk indeksi seti kullanılarak aşağıdaki gibi D uyumsuzluk matrisi oluşturulur,

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & d_{23} & \dots & d_{2m} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & \dots & - \end{bmatrix}$$

Adım 6: Uyum ve uyumsuzluk eşik değerlerinin belirlenmesi

Uyum eşik değeri yukarıda verilen C matrisi elemanlarının aritmetik ortalaması, uyumsuzluk eşik matrisi ise yukarıda verilen D matrisi elemanlarının aritmetik ortalamasıdır.

Adım 7: Karar noktalarının birbirlerine göre üstünlüklerinin belirlenmesi

C ve D matrislerinin bütün elemanları sırasıyla kendi eşdeğerleri ile karşılaştırılır. p karar noktasının q karar noktası ile karşılaştırılması durumunda $C_{pq} \geq \bar{C}$ ve $D_{pq} < \bar{D}$ ise p karar noktası q karar noktasından üstündür.

1.3.6.3. TOPSIS

TOPSIS (İdeal Çözüm için Benzerlik Yoluyla Alternatiflerin Sıralanması Tekniği) (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiştir ve çok kriterli karar verme problemlerinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden bir tanesidir (Hwang ve Yoon, 1981; Joshi ve Kumar, 2016: 183). TOPSIS yöntemi karar noktalarının ideal çözüme yakınlığı ana prensibine dayanmaktadır ve çözüm süreci ELECTRE yöntemine göre daha kısadır (Yaralıoğlu, 2010: 23).

TOPSIS yöntemi en iyi alternatifleri belirlemek için, alternatifleri geometrik mesafelerine göre pozitif ve negatif çözümlerden yararlanarak sıralamaktadır. Bu yaklaşımda kriterlerin değerlendirilmesi net değerlerle yapılmaktadır (Afsordegan vd., 2016: 1420).

TOPSIS yönteminin elemanları aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Biswas, Pramanik ve Giri, 2016: 730) :

$$A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\} \text{ alternatifler kümesi} \quad (1.12)$$

$$C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\} \text{ kriter seti} \quad (1.13)$$

$$D = (d_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad \text{performans derecesi} \quad (1.14)$$

$$W = \{w_{ij} | j = 1, 2, \dots, n\} \quad \text{kriter ağırlık vektörü} \quad (1.15)$$

TOPSIS yöntemin adımları aşağıda gibi açıklanmıştır (Yaralıoğlu, 2010: 23-26; Lourenzutti ve Krohling, 2016: 6-8) :

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması.

Karar matrisi satırlarında karar noktaları, sütunlarında ise faktörler yer almaktadır. Aşağıda gösterilen A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

A_{ij} matrisinde m karar nokta sayısını, n ise değerlendirme faktörü sayısını vermektedir.

Adım 2: Standart karar matrisinin oluşturulması.

Standart karar matrisi (1.16) numaralı formülle hesaplanmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m a_{kj}^2}} \quad (1.16)$$

Burada s_{ij} bütün $i \in \{1, \dots, m\}$ ve $j \in \{1, \dots, n\}$ için net bir sayıdır. R matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

Adım 3: Ağırlıklı standart karar matrisinin oluşturulması.

Öncelikli değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri (w_i) belirlenir ve r değerleri ile çarpılarak (1.17) numaralı eşitlik elde edilir. Bu eşitlikten yararlanılarak V matrisi oluşturulur.

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \quad (1.17)$$

V matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n}$$

Adım 4: Her bir kriter için ideal ve negatif ideal çözümlerin oluşturulması.

Genellikle fayda kriteri için:

$$v_j^+ = \max(w_{ij}, \dots, v_{mj}) \text{ ve } v_j^- = \min(w_{ij}, \dots, v_{mj}) \quad (1.18)$$

Fiyat kriteri için:

$$v_j^+ = \min(w_{ij}, \dots, v_{mj}) \text{ ve } v_j^- = \max(w_{ij}, \dots, v_{mj}) \quad (1.19)$$

Eşitliklerinden yararlanılmaktadır. Her iki formülde de J^+ fayda (maksimizasyon), J^- ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir.

Adım 5: Her bir alternatif için ayırım ölçülerinin hesaplanması.

TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin ideal ve negatif ideal çözüm setinden sapmaların bulunması gerekmektedir. İdeal ayırım (S_i^+) ölçümü (1.20) numaralı formülden, negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçümü (1.21) numaralı formülden hesaplanmaktadır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad , \quad i = 1, \dots, n \quad (1.20)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad , \quad i = 1, \dots, n \quad (1.21)$$

Adım 6: Her bir alternatif için ideal çözüme göreli yakınlığının hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması için ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılmaktadır. İdeal çözüme göreli yakınlık değeri (C_i^+), (1.22) numaralı formülle hesaplanmaktadır.

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (1.22)$$

Burada (C_i^+) değeri $0 \leq C_i^+ \leq 1$ aralığında değer alır ve $C_i^+ = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme mutlak yakınlığını, $C_i^+ = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını göstermektedir.

Alternatifler (A_1, A_2, \dots, A_n), C_i^+ değerlerine göre sıralandırılır. C_i^+ değerleri büyüklük sırasına sokularak alternatiflerin önem sırası belirlenmektedir.

1.3.6.4. PROMETHEE

PROMETHEE (Zenginleştirme Değerlendirmeleri için Tercih Sıralama Organizasyon Yöntemi) (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) Jean Pierre Brans (1982) tarafından 1982 yılında geliştirilmiş bir çoklu karar verme yöntemidir (Brans ve Vincke, 1985: 647-656).

PROMETHEE yönteminde her bir kriter için bir tercih fonksiyonu oluşturmak adına alternatiflerin karşılaştırılması yapılır. PROMETHEE yöntemi karar noktalarının değerlendirme faktörlerine göre ikili karşılaştırılmasına dayanmaktadır (Pohekar ve Ramachandran, 2004: 370).

PROMETHEE yöntemi karar noktalarının sıralanması durumuna göre iki çeşittir. PROMETHEE 1'de, karar noktaları kısmi sıralanmakta, PROMETHEE 2'de ise karar noktaları tam veya kombine bir biçimde sıralanmaktadır. Bu yöntemin en büyük avantajı sadeliği ve kullanılan parametrelerin açıklayıcı olmasıdır. PROMETHEE yönteminin işleyişin temel ön şartı her bir kriter için kriterlerin genel kümesinin tanımlanmasıdır (Milentijevic vd., 2016: 8-9). Bu yöntemde temel olarak 6 farklı tercih fonksiyonu vardır. Bu fonksiyonlar sırasıyla, olağan, U tipi, V tipi, seviyeli, doğrusal ve Gaussian fonksiyonlarıdır (Uzun ve Kazan, 2016: 103).

PROMETHEE yöntemi 7 adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar aşağıda verilmiştir (Yaralıoğlu, 2010: 28-37; Uzun ve Kazan, 2016: 104-105) :

Adım 1: Alternatiflerin karar verici tarafından belirlenmesi, kriterlerin tanımlanması ve kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenerek veri kümesinin oluşturulması Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Veri Kümesi

		Kriterler				
		f_1	f_2	f_3	...	f_k
Karar Noktaları	A	$f_1(A)$	$f_2(A)$	$f_3(A)$...	$f_k(A)$
	B	$f_1(B)$	$f_2(B)$	$f_3(B)$...	$f_k(B)$
	C	$f_1(C)$	$f_2(C)$	$f_3(C)$...	$f_k(C)$

Ağırlıklar	W_i	W_1	W_2	W_3	...	W_k

Kaynak: Yaralıoğlu, 2010: 29

Adım 2: Bu adımda kriterlerin iç ilişkisini gösteren tercih fonksiyonları belirlenir.

6 tip tercih fonksiyonu vardır ve Tablo 5’de gösterilmiştir. Buradaki parametreler,

q : Farklıksız değeri,

p : Kesin tercih değeri,

d : Bir değerlendirme faktörü açısından iki karar noktası değerleri arasındaki fark.

D , (1.23) numaralı eşitlikten elde edilmektedir.

$$d = f_{(a)} - f_{(b)} \quad (1.23)$$

Tablo 5. Tercih Fonksiyonları

	Fonksiyon
Olağan	$P(a,b) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ 1, & d > q \end{cases}$
U tipi	$P(a,b) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1, & d > q \end{cases}$
V tipi	$P(a,b) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{d}{p}, & 0 < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$
Seviyeli	$P(a,b) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{1}{2}, & 0 < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$
Doğrusal	$P(a,b) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{d-p}{p-q}, & 0 < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$
Gauss	$P(a,b) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - \frac{d^2}{e^{2f^2}}, & d > q \end{cases}$

Kaynak: Milentijevic vd., 2016: 9

Adım 3: Her bir değerlendirme faktörü için karar noktalarının ikili karşılaştırmalarının yapılması ve tercih fonksiyonlarının belirlenmesi.

A ve B alternatifleri için ortak tercih fonksiyonu (1.24) numaralı formülden bulunur.

$$P(A, B) = \begin{cases} 0 & f(A) \leq f(B) \\ p[f(A) - f(B)] & f(A) > f(B) \end{cases} \quad (1.24)$$

Adım 4: Üçüncü adımda belirlenen ortak tercih fonksiyonlarından hareket ederek her alternatif çifti için tercih indekslerinin belirlenmesi.

Alternatif kümesinde k . kriter ile değerlendirilen A ve B alternatiflerinin tercih indeksleri (1.25) numaralı formülle hesaplanır.

$$\pi(A, B) = \sum_{i=1}^k w_i \cdot P_i(A, B) \quad (1.25)$$

Adım 5: Alternatifler için pozitif ve negatif üstünlük değerlerinin bulunması.

Pozitif ve negatif üstünlük değerleri sırasıyla (1.26) ve (1.27) numaralı formüllerden elde edilir.

$$\Phi^+ = \frac{1}{n-1} \sum \pi(A, x) \quad (1.26)$$

$$\Phi^- = \frac{1}{n-1} \sum \pi(x, A) \quad (1.27)$$

Adım 6: PROMETHEE 1 ile kısmı önceliklerin belirlenmesi.

Alternatiflere ilişkin negatif ve pozitif üstünlük değerlerinin ikili karşılaştırılması yapılır. Bu aşamada karşılaşılabilecek durumlar; bir alternatifin diğerine göre üstünlüğü alternatiflerin farksızlığı ve alternatiflerin birbirleriyle karşılaştırılmama durumudur.

A alternatifinin B alternatifine göre üstün olabilmesi için (1.28), (1.29), (1.30) numaralı durumlardan herhangi bir tanesinin sağlanması gerekmektedir,

$$\Phi^+(A) > \Phi^+(B) \text{ ve } \Phi^-(A) < \Phi^-(B) \quad (1.28)$$

$$\Phi^+(A) > \Phi^+(B) \text{ ve } \Phi^-(A) = \Phi^-(B) \quad (1.29)$$

$$\Phi^+(A) = \Phi^+(B) \text{ ve } \Phi^-(A) < \Phi^-(B) \quad (1.30)$$

A alternatifinin B alternatifinden farksız olabilmesi için (1.31) numaralı durumun sağlanması gerekmektedir,

$$\Phi^+(A) = \Phi^+(B) \text{ ve } \Phi^-(A) = \Phi^-(B) \quad (1.31)$$

A alternatifinin B alternatifi ile karşılaştırılmamasında (1.32) ve (1.33) numaralı durumların sağlanması gerekmektedir,

$$\Phi^+(A) > \Phi^+(B) \text{ ve } \Phi^-(A) > \Phi^-(B) \quad (1.32)$$

$$\Phi^+(A) < \Phi^+(B) \text{ ve } \Phi^-(A) < \Phi^-(B) \quad (1.33)$$

Adım 7: PROMETHEE 2 ile alternatiflerin tam önceliklerinin belirlenmesi.

Alternatiflerin tam sıralaması; her bir alternatifin tam öncelik değeri (1.34) numaralı eşitlikten hesaplanarak büyükten küçüğe doğru sıralanır.

$$\Phi^+(A) = \Phi^+(A) - \Phi^-(A) \quad (1.34)$$

A ve B iki alternatif için,

$$\Phi(A) > \Phi(B), A \text{ alternatifi } B \text{ alternatifinden üstündür.} \quad (1.35)$$

$$\Phi(A) = \Phi(B), A \text{ alternatifi } B \text{ alternatifinden farksızdır.} \quad (1.36)$$

1.3.6.5. VIKOR

VIKOR (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm) (Vlsekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemi, 1997 yılında Trajkovic, Amakumovic ve Opricovic (1997) tarafından ortaya atılmış ve karmaşık sistemlerde çok kriterli optimizasyon için geliştirilmiş bir yöntemdir (Trajkovic, Avakumovic ve Opricovic, 1997: 547-552). Bu yöntem birbirleri ile çelişen kriterlerin bulunduğu bir karar verme probleminde, çok sayıda karar vericiyi karar sürecine sokarak uzlaş ortamının oluşmasını sağlamakta ve ideale en yakın uygun çözümü sunmaktadır (Ertuğrul ve Özçil, 2014: 273). VIKOR yöntemindeki uzlaşma sıralama algoritması aşağıdaki adımlardan oluşur (Yaralıoğlu, 2010: 38-39; Tavana vd., 2016: 241; Hajiagha vd., 2016: 110):

Adım 1: Her bir değerlendirme faktörünün alternatifler bazında en iyi ve en kötü değerlerinin belirlenmesi.

Değerlendirme faktörlerini $i(i=1, 2, 3, \dots, n)$ ve karar noktalarını $j(j=1, 2, 3, \dots, m)$ göstermek üzere en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi için yapılan hesaplamalar (1.37) ve (1.38) numaralı formüllerle gösterilmiştir,

$$f_i^* = \max f_{ij} \quad (1.37)$$

$$f_i^- = \min f_{ij} \quad (1.38)$$

Adım 2: Her bir alternatif için S_j ve R_j değerlerinin hesaplanması.

S_j ve R_j değerleri (1.39) ve (1.40) numaralı formüller ile hesaplanmaktadır.

$$S_j = \sum_{i=1}^n \frac{w_i(f_i^+ - f_{ij})}{(f_i^+ - f_i^-)} \quad (1.39)$$

$$R_j = \max \left[\frac{w_i(f_i^+ - f_{ij})}{(f_i^+ - f_i^-)} \right] \quad (1.40)$$

w_i değeri her bir kriter ağırlığını göstermektedir.

Adım 3: Her bir alternatif için Q_j değerlerinin hesaplanması.

Q_j değerleri (1.41) numaralı formülden hesaplanmaktadır.

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^+)}{S^- - S^+} + \frac{(1-v)(R_j - R^+)}{R^- - R^+} \quad (1.41)$$

Formüldeki v değeri maksimum grup faydası için ağırlık değerini göstermektedir. $v > 0,5$ çoğunluk tercihini, $v = 0,5$ uyuşmayı ve $v < 0,5$ vetoyu temsil etmektedir.

Adım 4: S_j , R_j ve Q_j değerlerinin küçükten büyüğe doğru sıralanması.

Adım 5: İdeal sonuca ulaşma koşullarının sağlanması.

Bu adımda karar vericiler için kabul edilebilir avantaj ve kabul edilebilir istikrar grupları belirlenir. Bir alternatifin kabul edilebilir avantaj grubunda yer alması için (1.42) numaralı formülde verilen şartı sağlaması gerekmektedir.

$$Q(B) - Q(A) \geq DQ \quad (1.42)$$

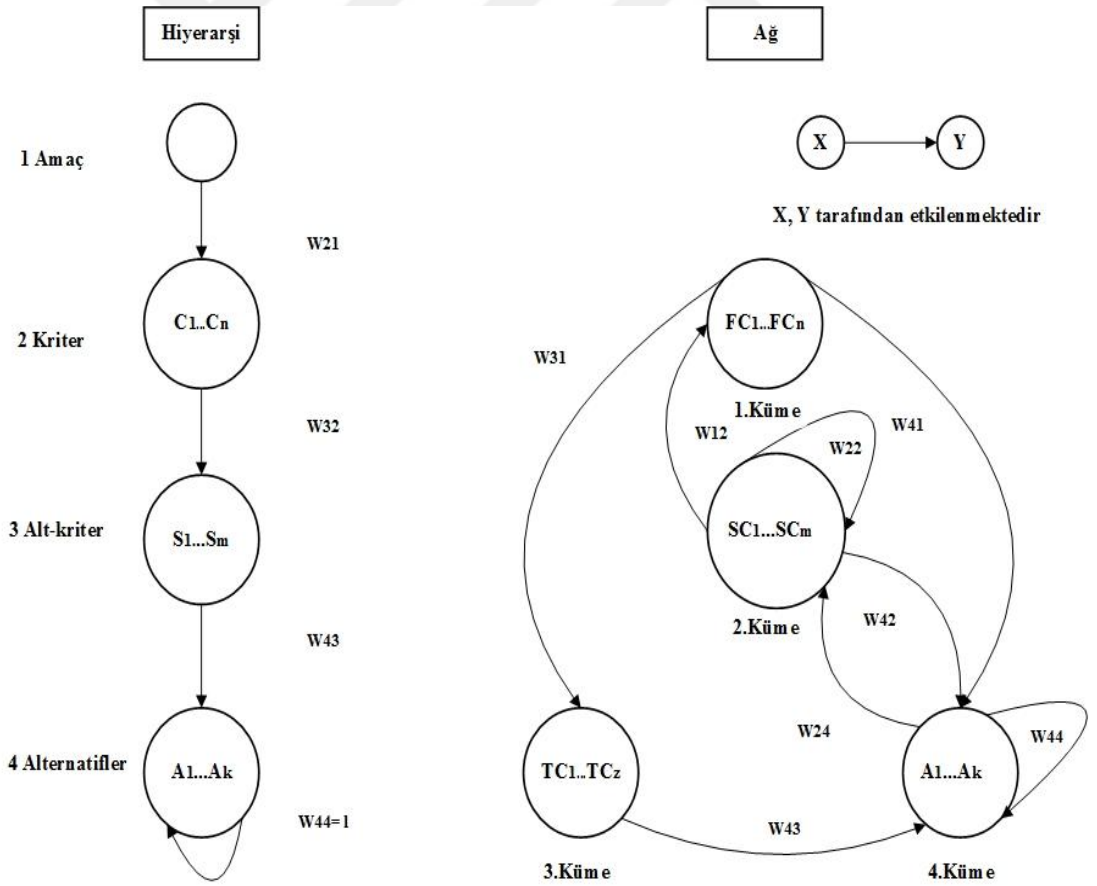
Bu hesaplama sırasıyla Q_j sıralamasındaki bütün alternatiflere uygulanmalıdır.

1.3.6.6. Analitik Ağ Süreci

Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process) çok kriterli karar verme problemlerinin çözümü için 1980 yılında Thomas L. Saaty (1980) tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir (Saaty, 1980; Hussey ve Malczewski, 2016: 3).

Analitik Ağ Süreci (AAS) yöntemi AHP'nin genellemesi olup, AAS'de yukarıdan aşağıya tek yönlü bir hiyerarşik yapı yerine bir ağ yapısı vardır. AHP'de kriterler birbirinden etkilenmezken AAS'de hem kriterler hem de alternatifler birbirlerini etkileyebilmektedir (Yıldırım ve Önder, 2015: 75).

Ayrıca AAS yönteminde, kriterler ve alternatifler arasındaki bağımlılık ve geri bildirim problemlerine çözüm sunulmaktadır (Chiang, Chen ve Ho, 2016: 239). AAS yönteminin diğer çok kriterli yöntemlere göre en önemli avantajı, yöntemin kantitatif ve kalitatif veri setlerine uygun olmasının yanında kriterler ve alternatifler arasındaki ve geri bildirim problemlerinin de üstesinden gelebilmesidir (Yıldırım ve Önder, 2015: 85). AHP ve AAS yapısal farklılığı Şekil 5'de verilmektedir (Zammori, 2010: 1006).



Şekil 5. AHP ve AAS Yapısal Farklılığı

Şekil 5’de verilen hiyerarşik yapıda C_1, \dots, C_n ana kriterleri, S_1, \dots, S_m alt kriterleri, A_1, \dots, A_k ise karar alternatiflerini sembolize etmektedir. W_{ij} değerleri ise j kümesinin i kümesi üzerindeki etkisini göstermektedir. Ağ yapısında bulunan FC_1, \dots, FC_n birinci kümeye ait kriterleri, SC_1, \dots, SC_m ikinci kümeye ait kriterleri, TC_1, \dots, TC_z ise üçüncü kümeye ait kriterleri göstermektedir. AHP’de kriterlerin ağırlık katsayıları alternatiflerin öncelik sırasını etkilerken, AAS’de alternatiflerin önem derecesi kriterlerin öncelik değerlerini etkilemektedir (Yıldırım ve Önder, 2015: 76).

AAS yönteminin adımları aşağıda verildiği gibidir (Gencer ve Gürpınar, 2007: 2477-2479; Yıldırım ve Önder, 2015: 77) :

Adım 1: Karar probleminin tanımlanması.

Bu aşamada karar probleminin detaylı bir şekilde analiz edilerek tanımlanması gerekmektedir. Alternatifler ve kriterler belirlenerek bunlara ilişkin veri setleri oluşturulur.

Adım 2: Bağımlılıkların tespit edilmesi.

Kümeler arasındaki ilişkinin yönünü belirten şebeke yapısı oluşturulur. Kümeler karşılıklı olarak birbirlerini etkileyebilirler. Bir küme diğer bir kümeyi etkiliyorsa etkilenen kümeden etkileyen kümeye ok çekilir. Bu etkileşimlerde içsel ve dışsal bağımlılık etkileri söz konusu olabilir. Bir kümeye ait düğümler diğer küme düğümlerine bağlı ise karar modeli dışsal bağımlılık modeli içermektedir. Aynı küme içerisinde düğümler arasında korelasyon bulunuyorsa karar modeli içsel bağımlılık içermektedir.

Adım 3: İkili karşılaştırmaların yapılması.

İkili karşılaştırmaların yapılması ve tutarsızlıkların belirlenmesi AHP ile benzerlik gösterdiğinden dolayı Saaty’nin 1-9 ölçeğinden yararlanılmaktadır. AHP yönteminden farklı olarak birbirleri ile etkileşimde bulunan kriter ve kriter kümeleri arasında da ikili karşılaştırmalar yapılır.

Adım 4: Süper matrisin oluşturulması.

Kriter ve alternatiflere ilişkin elde edilen göreceli ağırlık vektörleri matris formatında bir araya getirilir. Buradan elde edilen matrise süper matris adı verilmektedir. Süper matrisin uygun yerlerine ikili karşılaştırma sonucu elde edilen öncelik değerleri yerleştirilir. Süper matriste sol taraf düğümü ile üst taraf düğümü arasında etki yoksa matriste kesişen yere sıfır yazılır. Süper matristeki kolonlar toplamı 1 olacak biçimde normalize edilmelidir.

Adım 5: Limit süper matrisin elde edilmesi.

Kriterlerin ağırlık değerleri ile süper matris çarpılarak limit süper matris elde edilir.

Adım 6: En iyi alternatifin seçilmesi.

Limit süper matrisin alternatiflerine karşılık gelen kısmı aynı zamanda alternatiflerin performansını da göstermektedir. Bu performanslara bağlı olarak en iyi alternatif seçilir.

1.3.6.7. Gri İlişkisel Analiz

Gri sistem teorisi (GST), 1982 yılında Ju Long Deng (1989) tarafından küçük örneklem ve eksik bilgi içeren problemlerin çözümü için yeni bir yöntem olarak önerilmiştir (Liu, Forrest ve Yang, 2012: 90). GST'nin ortaya çıkmasındaki temel düşünce stokastik ya da bulanık yöntemlerle üstesinden gelinemeyen belirsiz sistemlerin davranışlarını sınırlı sayıda veri yardımıyla tahmin etmektir (Köse, Aplaç ve Kabak, 2013: 462).

Gri sistem kavramı, 1982 yılında Ju Long Deng (1982) tarafından "*Systems & Control Letters*" dergisinde yayımlanan "The Control Problems of Grey Systems" isimli makale ile uluslararası literatürde ilk kez kullanılmıştır. 1989 yılında İngiltere merkezli "*The Journal of Grey System*", 1997 yılında Tayvan merkezli "*Journal of Grey System*" ve son olarak 2011 yılında "*Grey Systems: Theory and Application*" isimli bilimsel dergiler yayın hayatına başlamıştır (Liu vd., 2016: 3).

Sistemde bilgi eksikliği veya belirsizlik durumu GST’de grilik kavramı ile açıklanmaktadır ve aşağıda verilen 4 durumdan en az bir tanesi olduğunda ortaya çıkmaktadır (Lin ve Liu, 1999: 207-208):

- Parametreler hakkında bilgi eksikliği,
- Sistemin yapısı hakkında bilgi eksikliği,
- Sistem sınırları hakkında bilgi eksikliği,
- Sistem davranışı hakkında bilgi eksikliği.

GST adını bir konu ile ilgili sahip olunan bilgi düzeyinin siyah-beyaz bir renk skalası üzerinden ifade edilmesinden almaktadır. Belirsizliğin olmadığı bir sistem beyaz renk ile maksimum belirsizliğin olduğu bir sistem siyah renk ile kısmi bilgi sahibi olunan sistemler ise gri sistemler olarak ifade edilmektedir (Liu, Forrest ve Yang, 2012: 99). GST’de kullanılan beyaz, siyah ve gri sistemlerin karşılaştırılması Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6. Siyah, Beyaz ve Gri Sistemlerin Karşılaştırılması

	Siyah	Gri	Beyaz
Bilgi bakımından	Bilinmiyor	Tam değil	Biliniyor
Görünüm bakımından	Karanlık	Gri	Aydınlık
Süreç bakımından	Yeni	Geçiş dönemi	Eski
Özellik bakımından	Düzensiz	Kompleks	Düzenli
Yöntem bakımından	Olumsuz	Değişken	Olumlu
Davranış bakımından	Hoşgörü	Tolerans	Katı
Sonuç bakımından	Sonuç yok	Birden çok çözüm	Tek çözüm

Kaynak: Lin ve Liu, 1999: 208

GST kullanılarak geliştirilmiş olan Gri İlişkisel Analiz (GİA) faktörler arasında karmaşık ilişkilerin bulunduğu problemler için uygun bir çözüm yöntemidir. Bundan dolayı çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde tek başına veya diğer yöntemlerle hibrit modeller oluşturacak şekilde yaygın olarak kullanılmaktadır (Köse, Aplaç ve Kabak, 2013: 461).

GİA yöntemi ile bir karar verme probleminde bulunan alternatifler arasında karşılaştırma ve sıralama yapılabilmesi için 6 adımdan oluşan bir hesaplama

yapılmaktadır. Bu adımlar sırasıyla (Wu, 2002: 211-212; Zhai, Khoo ve Zhong, 2009: 7074; Tayyar vd., 2014: 29-31):

- Karar matrisinin oluşturulması,
- Standartlaştırma (normalizasyon) işlemi,
- Referans serisinin ve standartlaştırılmış karar matrisinin oluşturulması,
- Mutlak değer (fark) matrisinin oluşturulması,
- Gri ilişkisel katsayılarının hesaplanması,
- Gri ilişkisel derecelerin hesaplanması adımlarıdır.

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması.

Çok kriterli karar verme problemlerinde alternatifler x_i 'ler ile alternatiflerin her bir kriter için aldığı değerler ise $x_i(j)$ 'ler ile gösterilmektedir. n alternatif ve m kriterden meydana gelen karar matrisi (1.43) numaralı eşitlikte gösterilmiştir.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_1(1) & x_1(2) & \dots & x_1(m) \\ x_2(1) & x_2(2) & \dots & x_2(m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_n(1) & x_n(2) & \dots & x_n(m) \end{bmatrix}_{m \times m} \quad (1.43)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$j = 1, 2, \dots, m$$

Adım 2: Standartlaştırma (normalizasyon) işlemi.

Kriterler farklı şekilde ölçüldüğünden dolayı birbirleri ile karşılaştırılabilir olmalarını sağlamak için standartlaştırma (normalleştirme) yapılmaktadır. Standartlaştırma işleminde yüksek, düşük veya optimum (ideal) değer tercih edilmesi durumuna bağlı olarak üç farklı eşitlikten yararlanılmaktadır.

$$x'_i(j) = \frac{x_i(j) - \min_{i=1}^n x_i(j)}{\max_{i=1}^n x_i(j) - \min_{i=1}^n x_i(j)} \quad (\text{büyük değer daha iyi ise}) \quad (1.44)$$

$$x'_i(j) = \frac{\max_{i=1}^n x_i(j) - x_i(j)}{\max_{i=1}^n x_i(j) - \min_{i=1}^n x_i(j)} \quad (\text{küçük değer daha iyi ise}) \quad (1.45)$$

$$x'_i(j) = 1 - \frac{|x_i(j) - x_{idl}(j)|}{\max\{\max_{i=1}^n x_i(j) - x_{idl}(j), x_{idl}(j) - \min_{i=1}^n x_i(j)\}} \quad (\text{ideal değer daha iyi ise}) \quad (1.46)$$

Burada $x_{idl}(j)$ ideal değeri göstermektedir. Normalizasyon işlemi sonrası bütün durumlar için büyük değerler daha iyi duruma getirilmiş olur ve standartlaştırılmış değerler "0" ile "1" arasında değer alır.

Adım 3: Referans serisinin ve karşılaştırma matrisinin oluşturulması.

Burada bir önceki adımda elde edilen değerlerden faydalanılarak standartlaştırılmış karar matrisi oluşturulmaktadır. Karar matrisinin her sütundaki en büyük değerler kullanılarak referans serisi oluşturulur.

$$X' = \begin{bmatrix} x'_1(1) & x'_1(2) & \dots & x'_1(m) \\ x'_2(1) & x'_2(2) & \dots & x'_2(m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x'_n(1) & x'_n(2) & \dots & x'_n(m) \end{bmatrix}_{m \times m} \quad \text{karar matrisi} \quad (1.47)$$

$$x'_0 = x'_0(1), x'_0(2), \dots, x'_0(m) \quad \text{referans serisi} \quad (1.48)$$

Adım 4: Mutlak değer (fark) matrisinin oluşturulması.

x'_0 ile x'_i arasındaki mutlak farkın değeri $\Delta_{0i}(j)$, (1.49) numaralı formülde gösterilmiştir.

$$\Delta_{0i} = |x'_0(j) - x'_i(j)|$$

$$\Delta_{0i} = \begin{bmatrix} \Delta_{01}(1) & \Delta_{01}(2) & \dots & \Delta_{01}(m) \\ \Delta_{02}(1) & \Delta_{02}(2) & \dots & \Delta_{02}(m) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta_{0n}(1) & \Delta_{0n}(2) & \dots & \Delta_{0n}(m) \end{bmatrix}_{m \times m} \quad (1.49)$$

$$i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m$$

Adım 5: Gri ilişkisel katsayılarının hesaplanması.

Mutlak değer matrisi içindeki bütün değerler için gri ilişki katsayısı (1.50) numaralı formül kullanılarak hesaplanır.

$$\gamma_{0i}(j) = \frac{\min_{i=1}^n \min_{j=1}^m \Delta_{0i}(j) + \zeta \times \max_{i=1}^n \max_{j=1}^m \Delta_{0i}(j)}{\Delta_{0i}(j) + \zeta \times \max_{i=1}^n \max_{j=1}^m \Delta_{0i}(j)} \quad (1.50)$$

Burada "0" ile "1" arasında bir değer alan bir katsayıdır ve genellikle 0,5 olarak alınır.

Adım 6: Gri ilişkisel katsayı matrisinin oluşturulması.

Gri ilişkisel derece, gri bir sistemdeki x_i' serisi ile x_0' referans serisi arasındaki geometrik benzerliğin bir ölçüsü olup serilerin kıyaslanmasına imkan sağlamaktadır. Elde edilen gri ilişkisel katsayılar, ilgili kriterin ağırlığı ile çarpılarak her bir alternatif için toplandığında (1.51) numaralı formülden gri ilişki derecesi elde edilmektedir.

$$\Gamma_{0i} = \sum_{j=1}^m w(j)\gamma_{0i}(j) , \sum_{j=1}^m w(j) = 1 \quad (1.51)$$

Burada $w(j)$, j . kriterin ağırlığını göstermektedir. Gri ilişki derecesinin her bir alternatif için aldığı değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır. En yüksek gri ilişkisel dereceye sahip alternatif karar problemi için en iyi alternatif olarak belirlenmiş olur.

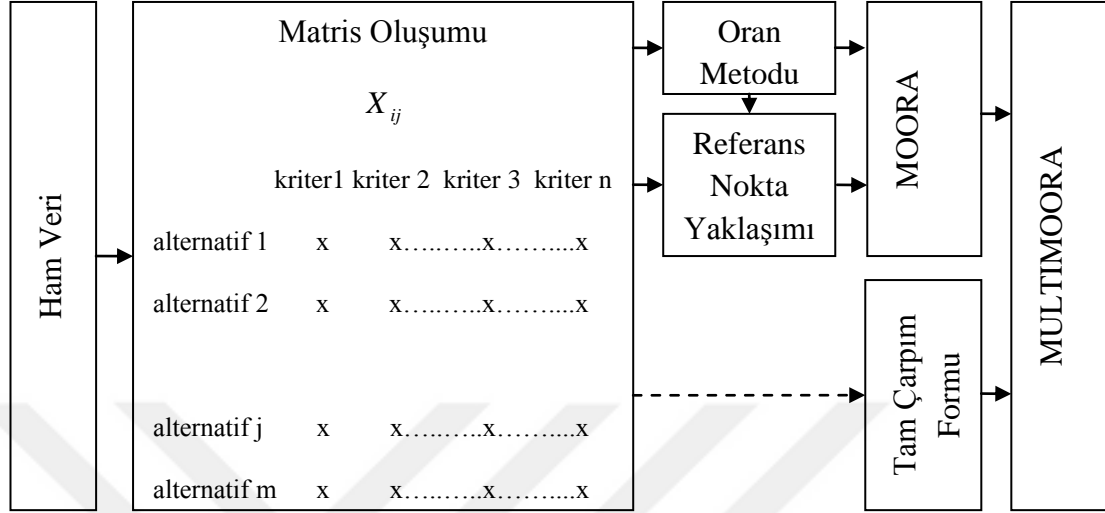
1.3.6.8. MOORA

MOORA (Oran Analizi Bazında Çok Amaçlı Optimizasyon) (Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis) yöntemi ilk olarak 2006 yılında Willem Karel M. Brauers ve Edmundas Kazimieras Zavadskas (2006) tarafından yapılan "The MOORA method and its application to privatization in a transition economy" isimli çalışma ile literatüre kazandırılmıştır (Önay ve Çetin, 2012: 92).

MOORA yönteminin başlıca üstünlükleri; tüm amaçları göz önüne ve değerlendirmeye alması, amaçlar ve alternatifler arasındaki etkileşimlerin parça parça değil, aynı anda dikkate alınması, subjektif olmayan yönsüz değerlerin subjektif ağırlıklı normalleştirme yerine kullanılmasıdır (Karaca, 2011: 23-24).

Literatürde MOORA-Oran Metodu, MOORA-Referans Noktası Yaklaşımı, MOORA-Önem Katsayısı, MOORA-Tam Çarpım Formu ve MULTIMOORA olmak

üzere çeşitli MOORA metotları yer almaktadır (Ersöz ve Atav, 2011: 79). MOORA metotlarına ilişkin diyagram Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. MOORA Yöntemi Diyagramı

Kaynak: Brauers ve Zavadskas, 2012: 8

Yöntem farklı alternatiflerin ve farklı kriterlerin oluşturduğu verinin matris biçiminde yazılmasıyla başlar ve aşağıdaki gibi devam eder (Brauers ve Zavadskas, 2006: 447).

1.3.6.8.1. Oran Metodu

$i = 1, 2, \dots, m$ alternatiflerin sayısı, $j = 1, 2, \dots, n$ kriter sayısı olmak üzere, her bir alternatifin karelerinin toplamının karekökü ile kriterler bölünerek normalizasyon işlemi yapılır. Bu işlem (1.52) numaralı formül ile gerçekleştirilir,

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1.52)$$

x_{ij}^* ; i . alternatifin, j . kriter için olan değer normalleştirilmiş değeridir. $x_{ij}^* \in [0, 1]$ 'dir. Bazı durumlarda $x_{ij}^* \in [-1, 1]$ olabilmektedir (Önay ve Çetin, 2012: 94; Brauers ve Zavadskas, 2012: 9).

Bu normalizasyon işleminden sonra hazırlanan tabloda kriterler, maksimum veya minimum olmalarına göre belirlenir, toplanır ve toplanan maksimum kriterlerin

değerinden toplanan minimum kriterlerin değeri çıkartılır. Yani $j = 1, 2, \dots, g$ maksimize edilecek kriterler, $j = g + 1, g + 2, \dots, n$ minimize edilecek kriterler olmak üzere (1.53) numaralı formüldeki gibi ifade edilebilir,

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (1.53)$$

Burada, y_i^* ; i . alternatiflerin tüm kriterlere göre normalleştirilmiş değerlendirilmesidir. y_i^* 'lerin sıralanmasıyla işlem tamamlanmış olur (Önay ve Çetin, 2012: 95; Brauers ve Zavadskas, 2012: 9).

1.3.6.8.2. Referans Nokta Yaklaşımı

Referans noktası yaklaşımında, oran metoduna ek olarak, her kriter için amaç maksimizasyon ise maksimum noktalar, amaç minimizasyon ise minimum noktalar olan, referans noktaları (r_j 'ler) belirlenir. Belirlenmiş olan bu noktaların, her x_{ij}^* ile olan uzaklıkları $r_j - x_{ij}$ işlemi yapılarak bulunur ve matris olarak yazılır. Burada;

$i = 1, 2, \dots, m$ alternatiflerin sayısını,

$j = 1, 2, \dots, n$ kriterlerin sayısını,

x_{ij}^* ; i . alternatifinin j . kriterdeki normalleştirilmiş değerini,

r_j ; j . kriterin referans noktasını göstermektedir.

Oluşturulan yeni matrise "Tchebycheff Min-Maks Metrik" işlemi (1.54) numaralı formüldeki gibi uygulanır (Brauers ve Zavadskas, 2006: 447-448; Yıldırım ve Önder, 2015: 247-248).

$$\min_i \left\{ \max_j (|r_j - x_{ij}^*|) \right\} \quad (1.54)$$

Böylece sıralama yapılır. Örneğin eğer minimizasyon işlemi ise; x_{ij}^* 'nin r_j 'den büyük olması gibi durumlar nedeniyle, $|r_j - x_{ij}^*|$ mutlak değer kullanılmasına gerek duyulmaktadır (Brauers ve Zavadskas, 2012: 9; Yıldırım ve Önder, 2015: 248).

1.3.6.8.3. Önemliliği Verilmiş Amaç Durumu Yaklaşımı

Bazı durumlarda bir kriter bir diğerinden daha çok ya da daha az öneme sahip olabilmektedir. Böyle bir durumla karşılaşıldığı zaman, bir kritere daha fazla önem vermek için bir alternatifin normalize edilmiş değeri önem katsayısıyla çarpılır ve (1.55) numaralı formül ile gösterilir.

$$\dot{y}_i^* = \sum_i^g s_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n s_j x_{ij}^* \quad (1.55)$$

Burada;

$j = 1, 2, \dots, g$ maksimize edilecek kriterler,

$j = g + 1, g + 2, \dots, n$ minimize edilecek kriterler,

\dot{y}_i^* ; i . alternatifin önem katsayısıyla bütün kriterlere göre normalleştirilmiş değerlendirilmesi,

s_j ; j . kriterin önem katsayısıdır (Brauers, Ginevicius ve Podvezko, 2010: 618-619; Önay ve Çetin, 2012: 95-96).

1.3.7. Veri Zarflama Analizi

1.3.7.1. Veri Zarflama Analizinin Kapsamı

Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis) karar verme birimi (KVB) olarak adlandırılan mal veya hizmet üreten sistemlerin göreceli etkinliklerini ölçmek için geliştirilen bir yöntemdir (Fanchon, 2003: 175). Veri zarflama analizi (VZA)'da her bir KVB sadece en iyi KVB'lerle karşılaştırılmaktadır. VZA'da, etkinlik sınırı üzerinde bulunan en iyi KVB'ler göreceli etkin birimler olarak değerlendirilirken, etkinlik sınırı üzerinde bulunmayan diğer KVB'ler ise görece etkin olmayan birimler olarak değerlendirilmektedir (Özden, 2008: 169).

VZA, benzer durumdaki karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerini ölçmeyi hedefleyen doğrusal programlama tabanlı parametrik olmayan bir etkinlik ölçme yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım ve Önder, 2015: 205).

VZA'yı diğer yöntemlerden ayıran en önemli özellik çok sayıda girdi ve çıktı kriteri olduğu ortamlarda değerlendirme yapılabilmesine olanak vermesidir. VZA'da her bir karar verme biriminin etkinliği ölçülebilmekte ve etkin olmayan karar verme birimleri için yapılması gereken iyileştirme oranları belirlenmektedir.

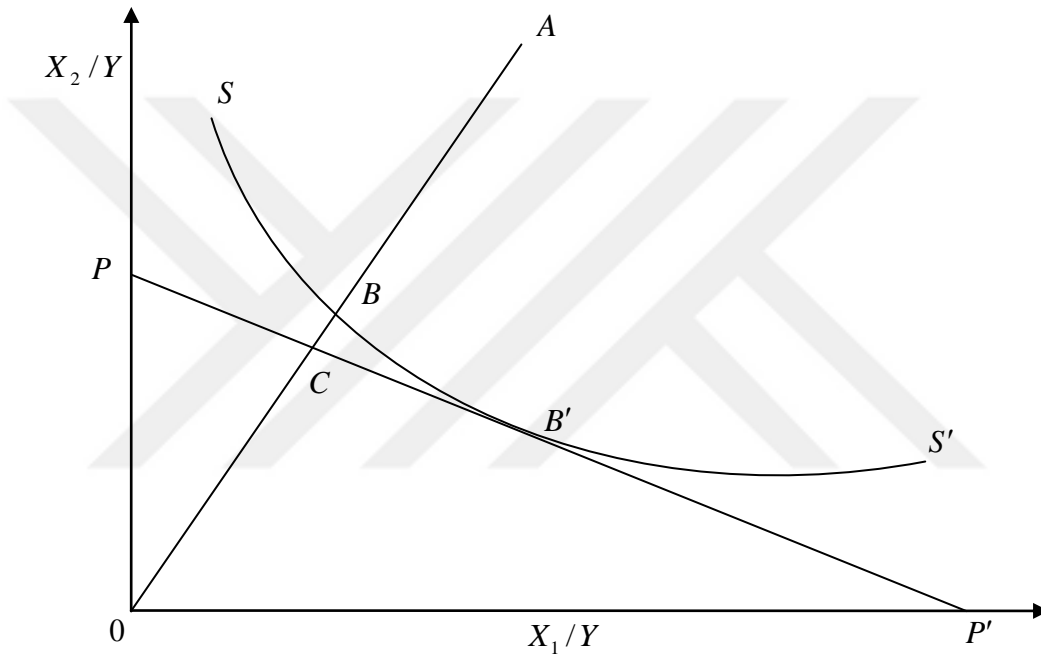
1.3.7.2. Etkinlik Kavramı ve VZA ilişkisi

VZA, karar verme birimlerinin performansını etkinlik kavramı vasıtasıyla belirlediğinden dolayı etkinlik kavramının açıklanması oldukça önemlidir. Etkinlik ve verimlilik kavramları genellikle birbirleriyle karıştırılmaktadır. Etkinlik, bir işletmenin daha önceden belirlediği programı gerçekleştirme derecesini göstermektedir. Bir başka ifadeyle, gerçekleşen performansın önceden belirlenen performansa ne kadar yaklaşıp yaklaşmadığının göstergesidir. Etkinlik derecesi, "*etkinlik = standart performans/gerçekleşen performans*" eşitliğiyle belirlenmektedir. Verimlilik, üretilen mal ve hizmet miktarı ile bu mal ve hizmet miktarının üretilmesi için kullanılan girdiler arasındaki oran olarak ifade edilmekte ve genellikle "*çıktı/girdi*" şeklinde gösterilmektedir (Yükçü ve Atağan, 2009: 3-4).

Birçok çalışmada verimlilik ve performans kavramının neredeyse aynı anlamda kullanıldığını görmek mümkündür. Oysa verimlilik performans kavramının çok önemli bir boyutudur. Performans kavramının etkinlik, etkililik, kalite, kârlılık, hız ve esneklik gibi diğer önemli boyutları da vardır. Literatürde verimlilik, etkinlik, etkililik kavramlarının karıştırıldığı ve birbirinin yerine kullanıldığı çalışmalara rastlamak mümkündür. Verimlilik girdi ve çıktıları birlikte değerlendiren bir kavramdır. Verimlilik doğru işleri (etkililik) doğru şekilde (etkinlik) yapmak şeklinde tanımlanabilir. Bu tanıma göre "*Verimlilik = Etkililik x Etkinlik*" şeklinde ifade edilebilir (Çakır, 2015: 5-7).

Farrell (1957) çalışmasında, bir firma için gerçek girdi ve çıktıları kullanarak bir doğrusal programlama modeli oluşturmuş ve firmanın etkinliğinin tahsis etkinliği (allocative efficiency) ve teknik etkinlik (technical efficiency) olmak üzere iki unsuru içerdiğini öne sürmüştür (Farrell, 1957: 254-255).

Teknik etkinlik mevcut girdi yapısı altında ulaşılabilecek en fazla çıktı miktarının elde edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Tahsis etkinliği ise, birden fazla girdi kullanan bir ekonomik birimin girdi fiyatlarına göre en uygun girdi bileşimini seçmedeki başarısı olarak tanımlanmaktadır (Tezsürücü, 2013: 94). Ayrıca teknik etkinlik (randıman oranı) girdilerden elde edilen yararlı çıktı olarak ifade edilmekte ve " *teknik etkinlik = yararlı çıktı/girdi = (girdiler - kayıplar)/girdi ≤ 1* " şeklinde gösterilmektedir (Yükçü ve Atağan, 2009: 4).



Şekil 7. Teknik, Tahsis ve Ekonomik Etkinlik
Kaynak: Charles ve Kumar, 2012: 4

Şekil 7'de X_1 , X_2 girdi değişkenleri ve Y çıktı değişkeni olmak üzere teknik etkinlik (TE), (1.56) numaralı formülle, tahsis etkinliği (AE), (1.57) numaralı formülle gösterilmiştir (Charles ve Kumar, 2012: 4).

$$TE = OA/OB \quad (1.56)$$

$TE = 1$ durumunda firma teknik olarak etkin ve $TE < 1$ durumunda firma teknik olarak etkin değildir.

$$AE = OC/OB \quad (1.57)$$

Firma teknik etkinlik ve tahsis etkinlik bakımından etkin ise ekonomik etkinlik (*EE*), (1.58) numaralı formülle gösterilmiştir (Charles ve Kumar, 2012: 5).

$$EE = OC/OA \quad (1.58)$$

Literatürde yaygın olarak kullanılan etkinlik ölçüm yöntemleri; oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler şeklinde sıralanabilir (Doğan ve Ersoy, 2017b: 629-630).

1.3.7.3. Veri Zarflama Analizinin Gelişimi

VZA'nın temeli Farrell (1957)'in 1957 yılında teknik etkinlik ve fiyat etkinliğinin açıklandığı "*Üretken Verimliliğin Ölçümü*) *The Measurement of Productive Efficiency*" isimli çalışmasıyla atılmıştır (Farrell, 1957: 253-290).

Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) yapmış oldukları "*Karar Verme Birimlerinin Verimliliğinin Ölçümü*) *Measuring the Efficiency of Decision Making Units*" başlıklı makale ile VZA'yı literatüre kazandırmıştır (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978: 429-444). Bu yazarların isimlerinin baş harfleriyle adlandırılan ilk VZA modeli olan ölçeğe göre sabit değişken getiriye esas alan CCR modeli toplam etkinliği ölçmektedir. Banker, Charnes ve Cooper (1984) ölçeğe göre değişken getiriye esas alan BCC modelini geliştirmiştir (Banker, 1984: 35-44; Banker, Charnes ve Cooper, 1984: 1078-1092; Cook ve Seiford, 2009: 2-4).

VZA yöntemi eğitim, pazarlama, üretim, ekonomi, sağlık, sigorta, bilgi teknolojileri alanları ve diğer birçok alanda uygulanmaktadır. VZA'nın çok yaygın bir biçimde kullanılmasının ana nedeni, çoklu girdi ve çoklu çıktı ortamında analize imkan sağlamasıdır (Charles ve Kumar, 2012: 2).

1.3.7.4. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Aşamaları

Golany ve Roll'e (1989) göre VZA'nın temel adımları;

1. Analize girecek olan karar verme birimlerinin tespit edilmesi,

2. Seçilen karar verme birimlerinin değerlendirilmesinin yapılabilmesi için uygun girdi ve çıktı değişkenlerinin tespit edilmesi,
3. VZA modellerinin uygulanması ve karar verme birimlerinin etkinlik sonuçlarının değerlendirilmesi şeklinde sıralanmaktadır (Golany ve Roll, 1989: 238).

Bazı araştırmacılara göre VZA'nın uygulama adımları sırasıyla aşağıdaki gibidir (Kao ve Liu, 2000: 427-429; Dyson vd., 2001: 248; Yaralıoğlu, 2010: 164; Tezsürücü, 2013: 99; Yıldırım ve Önder, 2015: 206-208; Shiraz, 2014: 57) :

Adım 1: Karar verme birimlerinin seçilmesi.

VZA'da karar verme birimlerinin homojen bir yapıya sahip olması ve yeterli sayıda olması gerekmektedir. Karar verme birimi sayısı konusunda farklı görüşler olmakla birlikte, bu görüşlerden bir tanesi karar verme birimi sayısının girdi ve çıktı sayısı toplamının en az iki katı olması gerektiği şeklindedir. Bir diğer görüşe göre ise girdi sayısı m , çıktı sayısı s ve karar verme birimi sayısı n olmak üzere $n \geq \max\{mxs, 3(m+s)\}$ olmalıdır.

Adım 2: Girdi ve çıktı seçimi.

VZA'da seçilen girdi ve çıktılar karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerini belirlediğinden dolayı kullanılacak olan girdi ve çıktı değişkenleri özenle seçilmeli ve bütün karar verme birimleri için ortak olmalıdır. VZA veri tabanlı bir etkinlik ölçme yöntemi olduğundan dolayı ölçüm sonuçlarının doğruluğu seçilen girdi ve çıktı değişkenlerinin anlamlı olmasına bağlıdır.

Adım 3: Verilerin elde edilebilirliği ve güvenilirliği.

VZA'da göreceli etkinlik ölçümü için bütün karar verme birimlerine ait verilerin bulunması gerekmektedir. Karar verme birimlerinden eksik verisi bulunmayan analiz dışında tutulabilir. Eksik verisi bulunan karar verme birimi analiz dışında tutulduğunda etkinlik sınırı değişebilir.

Adım 4: Göreceli etkinliğin ölçülmesi.

Yapılan analizin amacıyla uygun olan VZA modeli seçilmelidir. VZA modellerinin çözümü için yazılmış çok sayıda paket program vardır. Yaygın olarak kullanılan programlardan bazıları; DEA-Solver, Warwick DEA, DEAP ve EMS'dir.

Adım 5: Etkinlik değerleri.

VZA'da karar verme birimlerinin görelî etkinlikleri genelde 0-1 arasında değerlerle ifade edilmektedir. Görelî olarak etkin olan karar verme birimleri etkinlik skoru 1 iken, görelî olarak etkin olmayan karar verme birimlerinin etkinlik skoru 1'den farklıdır.

Adım 6: Referans kümesi.

VZA'da görelî olarak etkin olan karar verme birimlerinden meydana gelen bir grup, görelî olarak etkin olmayan karar verme biriminin referans kümesini oluşturmaktadır.

Adım 7: Etkin olmayan karar verme birimleri için iyileştirmenin yapılması.

VZA'da etkin olmayan karar verme biriminin referans kümesini oluşturan etkin olan karar verme birimlerinin girdi ve çıktıları dikkate alınarak hedef değerler, potansiyel iyileştirmeler belirlenmektedir.

Adım 8: Sonuçların değerlendirilmesi.

VZA'nın son aşaması olan bu aşamada görelî olarak etkin olan ve olmayan karar verme birimlerine ilişkin genel bir değerlendirme yapılmaktadır.

1.3.7.5. VZA'nın Güçlü ve Zayıf Yönleri

Literatürde VZA'nın güçlü ve zayıf yönleri şu şekilde sıralanmıştır (Aydemir, 2002: 91-92; Yaralıoğlu, 2010: 162; Yıldırım ve Önder, 2015: 208-209):

Güçlü Yönler:

- VZA'nın uygulanması, ilgili tüm girdi ve çıktıların tanımlanması suretiyle karar vericilerin üretim sürecini daha iyi tanımlarını sağlar.

- VZA, ihtiyaç duyulan veriler ve analiz sonuçlarını içeren detaylı bir veri tabanı oluşturabilir. Daha sonra ihtiyaç duyulduğu zaman bu veriler kullanılabilir.
- Verimlilik analizi en iyi gözlemlerle oluşturulan sınır fonksiyonuna göre yapıldığından dolayı, belirlenen hedefler en iyi performansa sahip birimler örnek alınarak yapılmaktadır. Bu durum ise VZA ile yapılan verimlilik analizinin anlamını ve geçerliliğini güçlendirmektedir.
- VZA’da doğrusal form dışında girdi ve çıktıları ilişkilendiren bir fonksiyonel forma ihtiyaç duyulmamaktadır.
- VZA ile etkinlikleri hesaplanan karar verme birimleri görel olarak tam etkinliğe sahip olanlar ile kıyaslanmaktadır.
- Yöntem çoklu girdi ve çıktı ortamında analizi başarılı bir şekilde gerçekleştirebilmektedir.
- VZA farklı ölçü birimlerindeki girdilerin ve çıktıların kullanılmasına imkân vermektedir.

Zayıf Yönler:

- VZA genellikle fiziksel girdi ve çıktı ölçüleriyle test edildiğinden teknik girdi-çıkıtı verimliliği ile sınırlı kalmaktadır.
- Kalitatif girdi ve çıktı ölçüleri sonuçları zayıflatabilmektedir.
- VZA’da gözlemlenen performansın en iyi performansla olan farkı, yalnızca verimsizlikle ilişkilendirilmekte ve uç gözlem noktaları için gözlem hataları göz ardı edilmektedir. Sistem dışı faktörler dikkate alınmalıdır.
- VZA karar verme birimlerinin performansını ölçmek açısından yeterlidir, fakat birimlerin mutlak etkinlik değerleri hakkında bilgi vermemektedir.
- VZA ölçüm hatalarına karşı çok duyarlıdır.
- VZA’da görel etkinlik ölçümü belirli bir zaman dilimi için yapılmaktadır. Fakat bazı girdilerin çıktılara dönüştürülebilmesi belirlenen zaman diliminden daha da uzun sürebilmektedir.
- VZA’da ilgili girdi ve çıktılar dikkatli bir şekilde seçilmelidir. Analize dahil edilmesi gereken bir girdi/çıkıtı değişkeni analiz dışında bırakılırsa veya

olmaması gereken bir girdi/çıkıtı analize dahil edilirse yanlış sonuçlar elde edilebilir.

1.3.7.6. Temel VZA Modelleri

Veri zarflama analizinde temel olarak iki model kullanılmaktadır. Bu modeller;

- CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) Modeli,
- BCC (Banker-Charnes-Cooper) Modeli,

Temel VZA modelleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.

1.3.7.6.1. CCR Modeli

Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen CCR modeli girdiye yönelik ve çıktıya yönelik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. CCR modelinde, çıktı/girdi oranı maksimize edilerek toplam etkinlik hesaplanmaktadır. CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında çalışmaktadır (Shiraz, 2014: 61). Toplam etkinlik, teknik etkinlik ve ölçek etkinliğinin birleşiminden oluşmaktadır. CCR modelinde analiz edilen karar verme birimlerinin etkin kabul edilebilmesi için hem teknik etkinliğe hem de ölçek etkinliğine sahip olması gerekmektedir (Tezsürücü, 2013: 103).

1.3.7.6.1.1. Girdi Yönlü CCR Modeli

Girdi yönlü modellerde çıktılar sabit tutularak girdilerin hangi oranda azaltılabileceği incelenmektedir. Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından geliştirilen bu model (1.59) numaralı formülde gösterildiği gibidir (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978: 430; Cooper, Seiford ve Zhu, 2011: 9):

$$\max h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}}$$

Kısıtlar

(1.59)

$$\frac{\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\mu_r, v_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad r = 1, 2, \dots, s$$

Modelde kullanılan gösterimler aşağıda açıklanmıştır:

x_{io} : Etkinliği ölçülen o . karar verme birimine ait i . girdi miktarı

y_{ro} : Etkinliği ölçülen o . karar verme birimine ait r . çıktı miktarı

x_{ij} : j . karar verme birimine ait i . girdi miktarı

y_{rj} : j . karar verme birimine ait r . çıktı miktarı

μ_r : o . karar verme birimi tarafından r . çıktıya verilen ağırlık

v_i : o . karar verme birimi tarafından i . girdiye verilen ağırlık

m : Girdi sayısı

s : Çıktı sayısı

n : Karar verme birimi sayısı

μ_r ve v_i problemin çözümü tarafından belirlenen ağırlıklar olup karar biriminin etkinlik oranını maksimize edecek şekilde değerler almaktadır ve optimal amaç değeri en fazla 1'dir.

(1.59) numaralı model doğrusal programlama modeline dönüştürülmüştür. Çarpan formunda olan bu model (1.60) numaralı formülde gösterildiği gibidir (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011: 10):

$$\max z = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro}$$

Kısıtlar (1.60)

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

$$\mu_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i$$

(1.60) numaralı formülde gösterilen modelde bir karar verme birimine ait optimal amaç değeri z^* ve bu optimal çözüme ait ağırlıklar (v^*, μ^*) olsun. Eğer karar verme birimi için $z^* = 1$ iken (v^*, μ^*) kümesinin bütün elamanları 0'dan büyük olacak şekilde en az bir optimal çözüm bulunuyor ise o karar birimi etkindir. Eğer $z^* \leq 1$ değeri aldığı bütün durumlarda (v^*, μ^*) kümesinin en az bir elamanı 0 değeri alırsa CCR etkinsizliği söz konusudur (Yıldırım ve Önder, 2015: 210).

(1.60) numaralı formülde gösterilen modelin duali olan zarflama formundaki model (1.61) numaralı formülde gösterildiği gibidir (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011: 10; Yıldırım ve Önder, 2015: 211):

$$\theta^* = \min$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq \theta x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1.61)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$\theta^* = 1$ değerini alan karar verme birimleri sınır noktalarını oluşturmaktadır. $\theta^* = 1$ olmasına karşın "0" olmayan en az bir aylak değişkeninin bulunması bazı sınır noktalarının zayıf etkin olmasına neden olmaktadır. Bir karar verme biriminin görel olarak etkin olması için hem $\theta^* = 1$ olmalı hem de tüm aylak değişkenler $s_i^{-*} = s_r^{+*} = 0$ olmalıdır (Yıldırım ve Önder, 2015: 211). Modelde bulunan s_i^- ve s_r^+ sırasıyla girdi fazlalıklarını ve çıktı eksiklerini gösteren değişkenlerdir.

Bazı alternatif çözümlerde "0" olmayan aylak değişkenler bulunurken diğerlerinde bulunmayabilir. Böyle bir durumda ise (1.62) numaralı model kullanılabilir (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011: 11; Yıldırım ve Önder, 2015: 211).

$$\max \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta^* x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1.62)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

(1.61) numaralı formülde bulunan θ^* değeri (1.62) numaralı formülde gösterilen modelde sabitlenerek iki aşamada problem çözümlenmiş olmaktadır. Bu iki aşama problemi tek bir amaç fonksiyonunda birleştirilebilir.

$$\min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1.63)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

(1.63) numaralı formülde gösterilen modelde eşitsizlikleri eşitlik haline dönüştürebilmek için s_i^- ve s_r^+ aylak değişkenleri kullanılmıştır. (1.63) numaralı formülde gösterilen model zarflama formundadır (Banker, Charnes ve Cooper, 1984: 1083; Cooper, Seiford ve Zhu, 2011: 11). (1.63) numaralı modelde, θ etkinlik skorunu göstermektedir. Yani, θ etkin sınıra göre radyal uzaklıklara dayalı olarak hesaplanan etkinlik ölçümünü vermektedir (Tezsürücü, 2013: 104).

(1.63) numaralı formülde gösterilen zarflama modelinin çarpan modeli (1.64) numaralı formülde gösterildiği gibidir (Yıldırım ve Önder, 2015: 212):

$$\max z = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro}$$

Kısıtlar

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j=1, 2, \dots, n \quad (1.64)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

$$\mu_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i$$

1.3.7.6.1.2. Çıktı Yönlü CCR Modeli

Çıktıya yönelik CCR modelinde girdiler sabit tutularak çıktıların hangi oranda artırılması gerektiği incelenmektedir. Çıktıya dönük CCR modeli (1.65) numaralı formülde gösterildiği gibidir (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978: 431-432).

$$\min q = \sum_{i=1}^m v_i x_{io}$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0 \quad j=1, 2, \dots, n \quad (1.65)$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} = 1$$

$$\mu_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i$$

(1.65) numaralı formülde gösterilen modelde bir karar verme birimine ait optimal amaç değeri q^* ve bu optimal çözüme ait ağırlıklar (v^*, μ^*) olsun. Eğer karar verme birimi için $q^* = 1$ iken (v^*, μ^*) kümesinin bütün elamanları 0'dan büyük olacak şekilde en az bir optimal çözüm bulunuyor ise o karar birimi etkindir. (1.65)

numaralı formülde gösterilen model çarpan formundadır. Zarflama formundaki model (1.66) numaralı formülde gösterilmiştir (Charnes, Cooper ve Rhodes, 1978: 431-432) :

$\max \varphi$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \leq x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1.66)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq \varphi y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

(1.66) numaralı formülde gösterilen modelde bir karar verme birimine ait optimal amaç değeri φ^* olsun. Karar verme biriminin etkin olabilmesi için $\varphi^* = 1$ ve çözüme ait bütün aylak değişkenlerin değerlerinin "0" olması gerekmektedir. Ancak bazı alternatif durumlarda "0" olmayan aylak değişkenler mevcut iken, diğerlerinde olmayabilir (Yıldırım ve Önder, 2015: 214). Söz konusu durumdan kaçınmak için (1.67) numaralı formülde gösterilen model kullanılabilir (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011: 13; Yıldırım ve Önder, 2015: 214) :

$$\max \sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1.67)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ \geq \varphi^* y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

(1.66) numaralı formüldeki φ^* değeri (1.67) numaralı formülde gösterilen modelde sabitlenerek iki adımda problem çözümlenmiş olur. Bu iki adım problemi tek bir amaç fonksiyonunda birleştirebilir. Doğrusal programlama modelinden elde edilen

çıktı yönlü CCR zarflama modeli (1.68) numaralı formülde gösterildiği gibidir (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011: 12):

$$\max \varphi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1.68)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \varphi y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

(1.68) numaralı formülde gösterilen model zarflama formundadır. Çarpan formundaki model (1.69) numaralı formülde gösterildiği gibidir (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011: 12):

$$\min q = \sum_{i=1}^m v_i x_{io}$$

Kısıtlar

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1.69)$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} = 1$$

$$\mu_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i$$

1.3.7.6.2. BCC Modeli

Banker, Charnes ve Cooper (1984) tarafından geliştirilen BCC modeli girdiye yönelik ve çığıtıya yönelik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. CCR modeline $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$

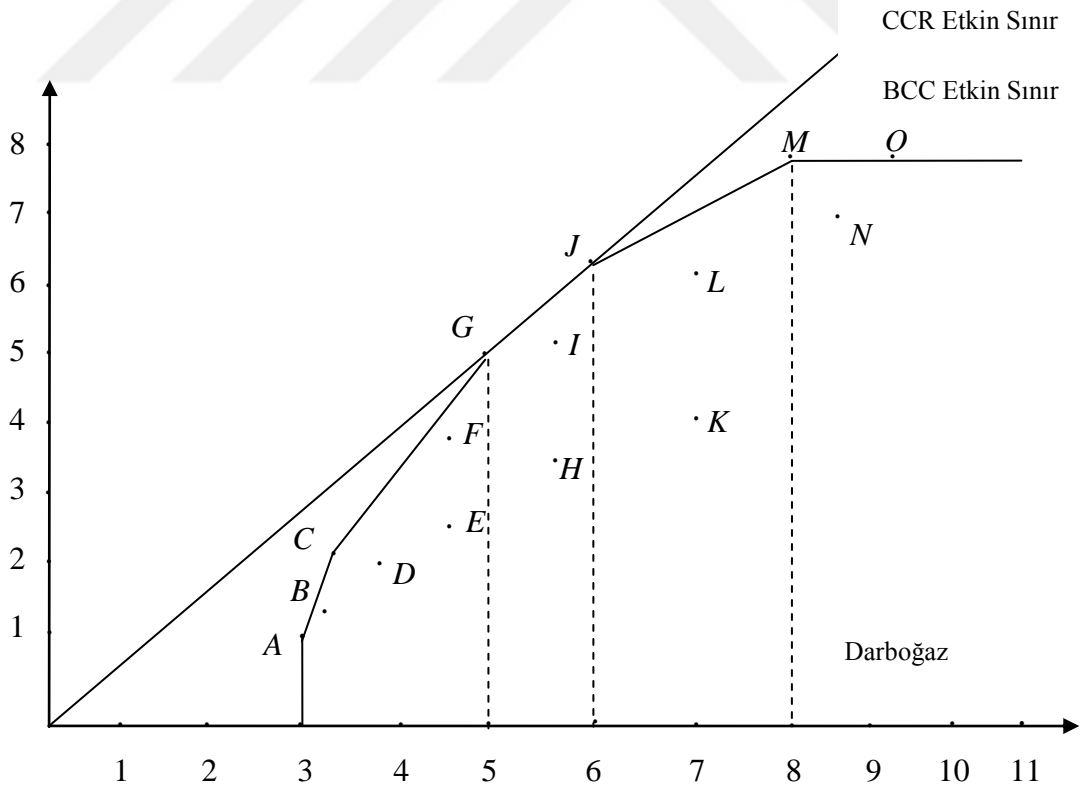
konvekslik kısıtı eklenerek BCC modeli oluşturulmaktadır (Cooper, Seiford ve Zhu, 2011: 13). BCC modeli ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altında çalışmaktadır.

CCR modelinin etkinlik değeri ile BCC modelinin etkinlik değeri arasındaki ilişki (1.70) numaralı formülde gösterildiği gibidir (Yıldırım ve Önder, 2015: 215):

$$E_{CCR} = E_{BCC} \cdot E_{ölçek} \quad (1.70)$$

CCR ve BCC modellerinde etkinlik sınırının görüntüsü farklıdır. CCR modelinde tek çıktı ve tek girdi durumunda etkinlik sınırının şekli, ölçeğe göre sabit getiri varsayımından ötürü orjinden geçen bir doğru şeklindedir. BCC modelinde ise, parçalı doğrusal ve iç bükey biçimindedir. BCC modelinin olabilir bölgesi, CCR modelinin olabilir bölgesinin alt kümesidir. Bundan dolayı CCR modeli ile etkin bulunan bir karar verme birimi BCC modeli ile de etkin bulunur (Ertuğrul ve Işık, 2008: 208).

CCR ve BCC modellerinin etkinlik sınırı Şekil 8’de gösterilmiştir. Örneğin A ve C karar verme birimleri etkinlik sınırının üzerinde yer almakta olup etkindirler. F ve K karar verme birimleri etkinlik sınırının altında olup etkin değildirler.



Şekil 8. CCR ve BCC Modelleri Etkinlik Sınırı

Kaynak: Wang ve Cui, 2010: 170

1.3.7.6.2.1. Girdi Yönlü BCC Modeli

Zarflama formundaki girdi odaklı BCC modeli (1.71) numaralı formülde gösterildiği gibidir (Banker vd., 2004: 346; Cook ve Seiford, 2009: 4):

$$\min \theta_o - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta_o x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1.71)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

Çarpan formundaki girdi odaklı BCC modeli ise (1.72) numaralı formülde gösterilmiştir (Banker, Charnes ve Cooper, 1984: 1085; Banker vd., 2004: 347; Cook ve Seiford, 2009: 4):

$$\max \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} - \mu_o$$

kısıtlar

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \mu_o \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1.72)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1$$

$$\mu_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall_r, i$$

1.3.7.6.2.2. Çıktı Yönlü BCC Modeli

Zarflama formundaki çıktı odaklı BCC modeli (1.73) numaralı formülde gösterildiği gibidir (Cooper vd., 2004: 489):

$$\max \varphi + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = x_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (1.73)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \varphi_o y_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

Çarpan formundaki çıktı odaklı BCC modeli ise (1.74) numaralı formülde gösterilmiştir (Cooper, Seiford ve Tone, 2007: 93; Yıldırım ve Önder, 2015: 216):

$$\min q_o = \sum_{i=1}^m v_i x_{io} - v_o$$

kısıtlar

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - v_o \geq 0 \quad (1.74)$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro} = 1$$

$$\mu_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall_r, i$$

v_o 'ın işareti kısıtlanmamıştır.

1.4. TEDARİKÇİ SEÇİMİNE İLİŞKİN LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde farklı alanlarda tedarikçi seçiminde kullanılan çeşitli çok kriterli karar verme yöntemleri ve bunların bulanık versiyonları bulunmaktadır. Yine aynı şekilde VZA ve bulanık VZA'da bu konuda yararlanılan yöntemlerdendir. Literatürde bu yöntemler kullanılarak yapılmış bazı çalışmalara aşağıdaki paragraflarda yer verilmiştir.

Weber (1996) çalışmasında bebek maması üreten bir firmada tedarikçilerin performansını değerlendirmek için VZA yöntemini kullanmıştır. Çalışmada girdi değişkeni fiyat çıktı değişkenleri kalite ve teslimat performansı olarak belirlenmiş, altı tedarikçinin etkinlik skorları ölçülmüş ve potansiyel iyileştirme için yorumlar yapılmıştır.

Barbarosoğlu ve Yazgaç (1997) çalışmalarında Türkiye’de elektromotor üretimi yapan bir firmada tedarikçi seçim problemi için AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada iş yapısı/üretim yeteneğini değerlendirme, performans değerlendirme ve kalite sistemi değerlendirme ana kriterlerine göre tedarikçiler değerlendirilmiştir.

Liu, Ding ve Lall (2000) çalışmalarında tarım ve inşaat ekipmanları montajı yapan bir işletmede tedarikçilerin performanslarını VZA yöntemini kullanarak ölçmüşlerdir. Çalışmada fiyat, teslimat ve tedarikçinin uzaklığı kriterleri girdi değişkenleri, kalite ve arz miktarı kriterleri ise çıktı değişkenleri olarak kullanılmıştır.

Weber, Current ve Desai (2000) çalışmalarında Fortuna 500 listesinde bulunan ve tam zamanında üretim tekniğini kullanan bir firmada tedarikçi seçimi ve tedarikçilerin verimliliğini değerlendirmek için VZA ile çok amaçlı programlama yöntemini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada çok amaçlı programlama ve VZA’nın sonuçları, sıralamaları birbirleri ile kıyaslanmıştır.

Narasimhan, Talluri ve Mendez (2001) çalışmalarında bir telekomünikasyon firmasında tedarikçilerin performansını değerlendirmek ve süreç iyileştirmek için VZA yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada altı değişken girdi, beş değişken çıktı olarak ele alınmış ve otuz dört tedarikçi değerlendirilmiştir.

Sarıçiçek, Dağdeviren ve Yüzügüllü (2001) yaptıkları çalışmada, bir firmanın montaj hattındaki yan sanayi kaynaklı duruşların çözümlenmesi ve tedarikçilerin değerlendirilmesi için bir model geliştirmişlerdir. İlgili model AHP kullanılarak oluşturulmuş ve tedarikçiler kalite, tedarik politikası, talebe anında cevap verebilme,

sevkiyat, grup şirketleri arası ilişkiler kriterlerine göre değerlendirilerek en iyi tedarikçi seçilmiştir.

Tam ve Tummala (2001) çalışmalarında bir telekomünikasyon firmasında veri anahtarlama ağı tedarikçisi seçimi için AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada kalite ve maliyet ana kriterlerinin altında bulunan 25 alt kriter ile üç tedarikçi değerlendirilmiş en uygun tedarikçi belirlenmiştir.

Dağdeviren ve Eren (2001) çalışmalarında tedarikçi seçimi için AHP ve 0-1 hedef programlama yaklaşımını kullanmışlardır. Çalışmada dört tedarikçi firma kalite, maliyet, performans ve teknoloji kriterleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda AHP ve 0-1 hedef programlama yaklaşımı sonuçları karşılaştırılmış ve her iki yöntemin değişik sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bhutta ve Huq (2002) çalışmalarında en uygun tedarikçiyi seçmek için AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada üretim, kalite, hizmet ve teknoloji kriterlerine göre üç tedarikçi arasında bir sıralama yapılmıştır.

Muralihadran, Anantharaman ve Deshmukh (2002) çalışmalarında bisiklet üretimi yapan bir işletmede grup kararlarını göz önüne alarak tedarikçi seçiminde AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada kalite, fiyat, teslimat gibi kriterler dikkate alınarak tedarikçiler değerlendirilmiştir.

Çebi ve Bayraktar (2003) çalışmalarında İstanbul'da gıda sektöründe faaliyet gösteren bir firmada tedarikçi seçim problemine AHP yöntemiyle birlikte Lexicographic Hedef Programlama (LHP) yöntemini uygulamışlardır. Çalışmada lojistik, teknoloji, işletme ve işbirliği ana kriterlerinin altında bulunan 14 kriter ile 13 tedarikçi değerlendirilmiş ve her bir tedarikçinin skoru ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Kahraman, Cebeci ve Ulukan (2003) çalışmalarında Türkiye'de beyaz eşya üretimi alanında faaliyet gösteren bir firmada tedarikçi seçimi problemi için bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada üç tedarikçi on bir kritere göre değerlendirilmiştir.

Kahraman, Cebeci ve Ruan (2004) çalışmalarında Türkiye’de tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firmada yemek servisi sağlayan tedarikçilerin seçimi için bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada yemek servisi sağlayan üç tedarikçi firma on bir kriter ele alınarak değerlendirilmiştir.

Talluri ve Narasimhan (2004) çalışmalarında telekomünikasyon sektöründe faaliyet gösteren bir firmada uzun süreli ilişki için tedarikçilerin seçimine yönelik problemin çözümünde VZA yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada kalite yönetim uygulamaları ve sistemleri, belgelendirme ve iç denetim, proses ve üretim yeterliliği, dizayn ve geliştirme yeterliliği, maliyet azaltma yeterliliği değişkenleri girdi olarak, kalite, fiyat, teslimat, maliyet azaltma performansı değişkenleri çıktı olarak ele alınmış ve tedarikçiler değerlendirilmiştir.

Seydel (2005) çalışmasında VZA ve SMART yöntemini kullanarak tedarikçileri kendi aralarında sıralamış, daha sonra iki yöntemin ortalamalarını alarak yeni bir sıralama yapmıştır. Çalışmada kalite, üretim süresi, fiyat, miktar, teslimat, teknoloji ve servis kriterleri ele alınarak on tedarikçi değerlendirilmiştir.

Bottani ve Rizzi (2005) çalışmalarında İtalya’da gıda sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede tedarikçi seçim problemine bulanık AHP yöntemini uygulamışlardır. Çalışmada elektronik katalog yönetimi, elektronik sipariş yönetimi, elektronik finansal ödeme ve tedarikçi e-yetenek kriterlerine göre dört tedarikçi değerlendirilmiştir.

Liu ve Hai (2005) çalışmalarında mobilya-beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede tedarikçi seçimi için AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada altmış yönetici tarafından seçilen kriterler dikkate alınarak tedarikçiler değerlendirilmiştir.

Yang ve Chen (2006) çalışmalarında diz üstü bilgisayar üreten bir firmada tedarikçi seçim problemi için bütünleşik AHP-GİA modelini kullanmışlardır. Çalışmada üç tedarikçi nitel ve nicel kriterler birlikte kullanılarak değerlendirilmiştir. Nitel

kriterlerin bağıl önem ağırlıklarının hesaplanması için AHP yöntemi uygulanmış ve AHP'den elde edilen ağırlıklar GIA'da kullanılarak en iyi tedarikçi seçilmiştir.

Kasapoğlu ve Şimşek (2006) çalışmalarında Türkiye'de faaliyet gösteren bir işletmede pnömatik valf alımında hangi kriterlerin önemli olduğunu belirlemek ve hangi tedarikçinin seçilmesi gerektiğinin bulunması için AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada tedarikçi seçim sürecinde fiyat, kalite, teslim süresi, satış sonrası hizmet ve firma yeterliliği kriterleri dikkate alınmıştır.

Hou ve Su (2006) çalışmalarında elektronik sektöründe web tabanlı tedarikçi seçimi için AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada beş tedarikçi teknoloji, araştırma ve geliştirme, kalite, servis, fiyat, lokasyon ve teslimat kriterleri ele alınarak değerlendirilmiştir.

Paksoy ve Güleş (2006) çalışmalarında Konya ilinde tekstil sektöründe hazır giyim ürünleri üreten bir firmada tedarikçi seçim problemi için AHP yöntemini uygulamışlardır. Çalışmada kalite, tedarikçi performansı, maliyet, uzlaşma yeteneği, teknoloji, renk tonu özelliği, mesafe kriterleri ele alınarak 6 iplik firması değerlendirilmiş ve en uygun tedarikçi belirlenmiştir.

Akman ve Alkan (2006) çalışmalarında Kocaeli'de otomotiv yan sanayinde faaliyet gösteren bir işletmede tedarikçilerin performansının değerlendirilmesi problemini incelemiş ve bu firmanın üç tedarikçisinin performansını bulanık AHP yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada teknik yeterlilik, teslimat, kalite, hizmet, esneklik, fiyatlama, yenilikçilik gibi ana kriterler dikkate alınmıştır.

Haq ve Kannan (2006) çalışmalarında Hindistan'ın güneyinde tekerlek üretimi yapan ve ürün kalitesini geliştirmeyi düşünen bir işletmede tedarikçi seçim problemine AHP ve bulanık AHP yöntemlerini uygulamışlar ve bu yöntemleri karşılaştırarak sonuçları yorumlamışlardır. Çalışmada üç tedarikçi kalite, teslimat, üretim kapasitesi, servis, mühendislik kapasitesi, işletme yapısı ve fiyat kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

Durdudiler (2006) çalışmasında Türkiye’de faaliyet gösteren bir perakende firmasında spor ayakkabı tedarikçi seçim problemi için AHP yöntemini kullanmıştır. Çalışmada ana kriterler, alt kriterler ve alternatiflerin ağırlıkları değerlendirilmiş, ayrıca oluşturulan hiyerarşik yapıda belirsiz ve kesin olmayan veriler dikkate alınarak bulanık AHP uygulaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda en büyük önem ağırlığına sahip tedarikçinin en başarılı olduğu görülmüştür.

Perçin (2006) çalışmasında Türkiye’de otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede tedarikçi seçimi için bütünleşik AHP ve hedef programlama modelini kullanmıştır. Çalışmada altı tedarikçi üretim, teknoloji, işletme statüsü, servis ana kriterleri altında yirmi alt kritere göre değerlendirilmiştir.

Ross ve arkadaşları (2006) çalışmalarında bir telekomünikasyon firmasında tedarikçi performansını değerlendirmek için bir VZA modeli uygulamışlardır.

Saen (2006) çalışmasında teknoloji alanındaki tedarikçileri değerlendirmek için bir VZA modeli geliştirmiştir. Çalışmada maliyet girdi değişkeni, elektrik kapasitesi, bilgi miktarı çıktı değişkeni olarak ele alınmış ve on iki nükleer santral tedarikçi olarak değerlendirilmiştir.

Garfamy (2006) çalışmasında varsayımsal bir firmada tedarikçilerin performanslarını karşılaştırılması ve değerlendirilmesi için toplam sahip olma maliyeti kavramı ile birlikte bir VZA modeli kullanmışlardır. Çalışmada üretim maliyeti, kalite maliyeti, teknoloji maliyeti, satış sonrası servis maliyeti ve fiyat girdi değişkenleri satın alınan ünite adedi çıktı değişkeni olarak ele alınmış ve on beş tedarikçi VZA’da değerlendirilmiştir.

Chan ve Kumar (2007) çalışmalarında üretim yapan bir firmada en iyi global tedarikçiyi seçmek için bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada maliyet, kalite, servis performansı, tedarikçi profili ve risk faktörü ana kriterlerinin altında on dokuz alt kriter dikkate alınarak üç tedarikçi değerlendirilmiştir.

Nevşehirli (2007) çalışmasında Türkiye’de ayakkabı üretimde faaliyet gösteren bir firmanın tedarikçilerinin performansını VZA yöntemini kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmada beş girdi değişkeni ve beş çıktı değişkeni ele alınarak otuz iki tedarikçi değerlendirmeye alınmıştır. Çalışma sonucunda hangi tedarikçilerin verimli olarak çalıştığı ve hangi tedarikçilerin verimsiz olarak çalıştığı bulunmuştur.

Sevklı ve arkadaşları (2007) çalışmalarında Türkiye’de beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren bir firmada tedarikçi seçimi ve değerlendirmesinde bütünleşik AHP-VZA modelini kullanmışlardır. Çalışmada üç tedarikçi altı ana kritere göre değerlendirilmiş, AHP ve bütünleşik AHP-VZA modeli sonuçları karşılaştırılmıştır.

Xia ve Wu (2007) çalışmalarında tedarikçi seçimi için AHP ve çok amaçlı karışık tamsayı programlama kullanmışlardır. Çalışmada dört tedarikçi fiyat, kalite ve servis kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Burada AHP tedarikçilerin öncelik ağırlıklarına göre sıralanması için çok amaçlı karışık tamsayı programlama ise seçilen tedarikçiden alınacak ürünlerin miktarının tespit edilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Ramanathan (2007) çalışmasında bir firmanın tedarikçi seçim problemi için VZA, AHP ve toplam edinim maliyeti yöntemi birlikte kullanmıştır. Çalışmada üç tedarikçi ele alınarak, bütünleşik AHP ve toplam edinim maliyeti yöntemi için üç farklı VZA modeli kullanılmış ve birbirleriyle kıyaslanmıştır.

Huang ve Keskar (2007) çalışmalarında bir firmanın tedarikçi seçim problemi için AHP ve çok ölçütlü fayda teorisi (ÇÖFT) yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada AHP kriter ağırlıkları belirlemek için ÇÖFT ise faydalı fonksiyonları kurmak için kullanılmıştır. Çalışma sonucunda her bir tedarikçinin faydalı değerleri belirlenerek tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir.

Ecer ve Küçük (2008) çalışmalarında Türkiye’de faaliyet gösteren bir mağazalar zinciri firmasında AHP yöntemini kullanarak tedarikçilerin kriter bazında ikili karşılaştırılmalarını yapmışlardır. Yazarlar ana kriter olarak maliyet, kalite, teslimat ve profil kriterlerini tercih etmişlerdir. Çalışmada tedarikçiler görece önceliklerine

göre en iyiden en kötüye doğru sıralanmıştır. Çalışma yönteminin problemin çözümünü kolaylaştırdığını ve doğru karar vermeye yardımcı olduğunu göstermiştir.

Tahriri ve arkadaşları (2008) çalışmalarında Malezya'da çelik üretimi yapan bir işletmede tedarikçi seçimi için AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada dört tedarikçi on üç kriter ele alınarak altı aşamalı bir süreçte değerlendirilmiştir.

Özyörük ve Özcan (2008) çalışmalarında Türkiye'de otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada tedarikçi seçiminde AHP yöntemini kullanarak bir uygulama gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada beş tedarikçi ürün kalitesi, teslim tarihine uyum, sipariş miktarına uyum, siparişteki ürün özelliklerine uyum ve yaşanan sorunlara yaklaşım kriterlerine göre AHP ile değerlendirilmiştir.

Ting ve Cho (2008) çalışmalarında Tayvan'da bilgisayar yan sanayinde faaliyet gösteren bir işletmede AHP ile çok amaçlı lineer programlama yöntemini bütünleşik olarak tedarikçi seçim problemine uygulamışlardır. Çalışmada satın alma maliyeti, ürün kalitesi, teslimat güvenilirliği, müşteri servisi, işbirliği ve finansal durum kriterlerine göre beş tedarikçi değerlendirilmiştir.

Kull ve Talluri (2008) çalışmalarında otomobil sektörüyle bağlantısı olan orta ölçekli çelik üreticisi bir firmada tedarikçi seçim problemi için AHP ve hedef programlama yöntemini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada üç tedarikçi teslimat yetersizliği, kalite yetersizliği ve fiyat yetersizliği gibi kriterlere göre değerlendirilmiştir.

Mendoza, Santiago ve Ravindran (2008) çalışmalarında Meksika'da üretim yapan bir firmada tedarikçi seçim problemi için AHP ve hedef programlama yöntemini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada yedi tedarikçi kalite, fiyat, teslimat, esneklik ve servis kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

Çelebi ve Bayraktar (2008) çalışmalarında tedarikçi değerlendirme ölçütlerinde eksik veri bulunmasına bağlı olarak tedarikçi değerlendirme süreci için bütünleşik yapay sinir ağları ile VZA modeli önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmada kalite, maliyet,

servis ve teslimat kriterleri dikkate alınarak yirmi tedarikçi arasında etkinlik skorlarına bağlı olarak sıralama yapılmıştır.

Kazançoğlu (2008) çalışmasında İzmir’de çelik konstrüksiyon ve sıcak daldırma galvaniz sektöründe faaliyet gösteren bir firmada tedarikçi seçimi ve değerlendirme probleminin seçimi için VZA ve AHP yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Çalışmada tedarikçi seçiminde kullanılan kriterlerin belirlenmesi için iki aşamalı AHP kullanılmış, daha sonra VZA ile tedarikçiler değerlendirilmiştir. VZA sonrası çıkan sonuç firmanın her bir tedarikçiyle ilgili olarak hangi konular üzerinde yoğunlaşması gerektiğini ortaya koymuştur.

Ha ve Krishnan (2008) çalışmalarında otomobil parçaları üreten bir firmada tedarikçi seçimi için AHP-VZA ve yapay sinir ağları melez modelini kullanmışlardır. Çalışmada yirmi yedi tedarikçi firma, beş nitel ve yedi nicel kriter ele alınarak değerlendirilmiştir. Çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesi için AHP yöntemi, tedarikçilerinin performanslarının ölçülmesi için VZA ve yapay sinir ağları yöntemi kullanılmıştır.

Bottani ve Rizzi (2008) çalışmalarında İtalya’da içecek ürünlerinin imalatı ve paketlenmesi için makine üretimi yapan bir firmada tedarikçi seçimi için bulanık AHP ve kümeleme analizi yöntemini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada tedarikçilerin değerlendirilmesi ve sıralanması için bulanık AHP, sıralanan alternatiflerin çok uygun kümeler halinde gruplandırılması için ise kümeleme analizi uygulanmıştır.

Öztürk, Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2008) çalışmalarında Denizli’de makine imalat sanayinde faaliyet gösteren bir işletmenin nakliye firması seçim problemine çözüm aramak için bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada beş tedarikçi dokuz kritere göre her iki yöntemle ayrı ayrı değerlendirilerek alternatif nakliye firmaları sıralanmıştır. Çalışma sonucunda bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri sonucu elde edilen alternatif sıralamanın aynı olduğu görülmüştür.

Kokangül ve Susuz (2009) çalışmalarında otomobil üreticisi bir firmada tedarikçi seçimi için AHP ve doğrusal olmayan tamsayı programlama yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada sekiz tedarikçi kalite ve satın alma ana kriterleri altında bulunan alt kriterlere göre değerlendirilmiştir. Burada AHP kriterler arasında karşılaştırma yapmak ve tedarikçilerin ağırlıklarını hesaplamak için doğrusal olmayan tamsayı programlama yöntemi ise, tedarikçilerden alınacak sipariş miktarını belirlemek için kullanılmıştır.

Lee (2009) çalışmasında Tayvan'da televizyon üretimi yapan bir firmada tedarikçi seçimi için bulanık AHP yöntemini kullanmıştır. Çalışmada faydalar, fırsatlar, fiyatlar ve riskler ana kriterlerine göre beş tedarikçi değerlendirilmiştir.

Dursun (2009) çalışmasında tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir mümessil firmada tedarikçi seçim problemi için bulanık AHP yöntemini uygulamıştır. Çalışmada hizmet, teslimat performansı, fiyat, kalite ana kriterleri ve bu ana kriterlerin altında yer alan 11 alt kritere göre 7 tedarikçi değerlendirilmiş ve sıralanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar firmanın gelecek stratejilerine göre matematiksel bir model oluşturmada kullanılmış ve tedarikçilere vereceği sipariş miktarı hedef programlama yolu ile belirlenmiştir.

Xu, Li ve Wu (2009) çalışmalarında Çin'in güney batısında bulunan ve mobilya üretimi yapan bir firmada tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi için bir VZA modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada personel, maliyet, zaman girdi değişkenleri, esneklik, hizmet, finansal durum çıktı değişkenleri olarak ele alınmış ve altı tedarikçi değerlendirilmiştir.

Zhenhua (2009) çalışmasında bir firmada tedarikçilerin performansının değerlendirilmesi için bütünleşik AHP/VZA modelini uygulamıştır. Çalışmada zamanında teslimat oranı, uzaklık girdi değişkenleri, kalite, arz çeşitliliği çıktı değişkeni olarak ele alınmış ve beş tedarikçinin etkinlikleri ölçülmüştür.

Wu (2009) çalışmasında tedarikçi seçimi için VZA, karar ağacı ve sinir ağlarından oluşan melez bir model önermiştir. Çalışmada etkinlik değerleri CCR ve BCC

modelleri kullanılarak hesaplanmış, etkin olan ve etkin olmayan karar verme birimleri tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan modelde altı kriter girdi değişkeni, beş kriter çıktı değişkeni olarak ele alınmıştır.

Kaplan (2010) çalışmasında Türkiye’de perakende sektöründe faaliyet gösteren ve yüksek pazar payına sahip bir firmada tedarikçi seçim problemi için AHP yöntemini kullanmıştır. Çalışmada öncelikle uzman kişilerin katılımıyla kriter belirlemek için anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Anket çalışması ve literatür çalışmasıyla birlikte Dickson’ın yirmi üç kriterine bazı kriterler eklenerek kırk altı kriter belirlenmiştir. Araştırmada, her bir kriterin önceliğinin belirlenmesi için AHP tekniği uygulanmıştır. Çalışma sonucunda üç alternatif firmanın öncelikleri belirlenmiş ve daha sonra kontrol amacıyla duyarlılık analizi yapılmıştır.

Saen (2010) çalışmasında tedarikçi seçimi için VZA yöntemini kullanmıştır. Çalışmada toplam teslimat maliyeti, aylık teslimat sayısı, araştırma ve geliştirme maliyeti kriterleri girdi, zamanında teslim edilen gönderi sayısı, tedarikçiden hatasız olarak alınan fatura, araştırma ve geliştirme maliyeti kriterleri çıktı olarak ele alınarak on sekiz tedarikçi değerlendirilmiştir.

Kazançoğlu ve Ada (2010) çalışmalarında İzmir’de yabancı bir perakende zinciri olarak faaliyet gösteren bir işletmede bulanık AHP yöntemini uygulayarak tedarikçilerin kriterler bazında ikili karşılaştırmalarını yapmışlardır. Çalışmada kalite, performans ve finansal kriterler ana kriterler olarak tercih edilmiş ve bu kriterler sekiz alt kritere ayrılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda beş tedarikçi başarı sırasına göre sıralanmıştır.

Chamodrakas, Batis ve Martakos (2010) çalışmalarında metal üreticisi bir firmada çelik tedarikçi seçimi için AHP tabanlı bulanık tercih programlama yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada sekiz tedarikçi kalite, maliyet ve teslimat ana kriterlerine göre değerlendirilmiş ve en iyi tedarikçi seçilmiştir.

Bayraktar ve arkadaşları (2010) çalışmalarında Türkiye ve Bulgaristan'da içki ve yiyecek sektöründe faaliyet gösteren firmaların tedarikçilerinin etkinliğinin ölçülmesi ve karşılaştırılması için VZA yöntemini kullanmışlardır.

Kuo, Lee ve Hu (2010) çalışmalarında Tayvan'da otomotiv farı üreten bir firmada tedarikçi seçim problemi için bütünleşik bulanık AHP/bulanık VZA modelini uygulamışlardır. Çalışmanın birinci adımında uzman görüşlerine dayanarak bulanık AHP yöntemiyle kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, ikinci adımda bulanık AHP ile bulunan ağırlıklar tedarikçilerin değerlendirilmesi için bulanık VZA'da kullanılmıştır. Çalışmada uygulama yeterliliği, üretim yeterliliği, kalite sistemi, tedarikçi ilişkileri ve esneklik değişkenleri girdi, üretim verimliliği ve operasyon verimliliği değişkenleri çıktı olarak ele alınarak on tedarikçi değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonunda bulanık VZA yönteminin sonuçları ve bulanık AHP/bulanık VZA modelinin sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2010) çalışmalarında bölüm müdürleri için dizüstü bilgisayar almaya karar veren bir işletmede tedarikçi seçim problemi için ELECTRE ve bulanık AHP yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada beş tedarikçiyi değerlendirmek için kullanılan işlemci hızı, ekran kartı, sistem belleği, sabit disk kapasitesi, pil ömrü, ağırlık, marka güvenilirliği ve fiyat kriterleri satın alma müdürü, bilgi işlem müdürü ve bir üst düzey yöneticiyle görüşülerek belirlenmiştir. Burada bulanık AHP yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları belirlendikten sonra ELECTRE yöntemiyle tedarikçiler arasında sıralama yapılmıştır.

Kuo, Wang ve Tien (2010) çalışmalarında Tayvan'da dijital kamera üretimi yapan bir elektronik firmasında yeşil tedarikçi seçimi için yapay sinir ağları, VZA ve AHP yöntemlerini bütünleştirerek bir melez model geliştirmişlerdir. Çalışmada yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak yirmi bir kriter altı kritere indirilmiş, AHP ile her karar verme birimi için ağırlıklar belirlenmiş ve VZA kullanılarak tedarikçilerin performans ölçümü yapılmıştır. On iki tedarikçi kalite, maliyet, teslimat, servis, çevre ve kurumsal sosyal sorumluluk kriterleri ele alınarak değerlendirilmiştir.

Şen, Şen ve Başlıgil (2010) çalışmalarında Türkiye’de elektronik alanında faaliyet gösteren bir firmada tedarikçi seçimi için bulanık AHP ve max-min programlama yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada karar kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesinde bulanık AHP yöntemini, parametrik olmayan istatistiksel teste karşın etkili tedarikçi kümesinin tanımlanması ve tedarikçilerin performansının maksimize ve minimize edilmesi için ise min-max programlama yöntemini uygulamışlardır.

Ho, Xu ve Dey (2010) çalışmalarında tedarikçi seçiminde kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri ile ilgili bir literatür araştırması yapmışlardır. Araştırmada özellikle VZA, doğrusal programlama, tamsayı doğrusal programlama, tam sayı doğrusal olmayan programlama, AHP, ANP, bulanık ve bütünleşik yöntemler ile 2000-2008 yılları arasında yapılan yetmiş sekiz çalışma incelenmiştir.

Öztürk, Erdoğan ve Arıkan (2011) çalışmalarında Bursa’da tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firmada tedarikçi seçim problemi için AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada beş tedarikçi yedi ana kriter ve on üç alt kriterle göre değerlendirilmiştir.

Mahdiloo, Noorizadeh ve Saen (2011) çalışmalarında bir firmada tedarikçi seçimi için VZA yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada lojistik maliyeti, aylık teslimat sayısı ve araştırma-geliştirme maliyeti girdi, zamanında teslimat sayısı, tedarikçiden hatasız alınan fatura sayısı ve araştırma-geliştirme maliyeti çıktı olarak dikkate alınarak on sekiz tedarikçi değerlendirilmiştir.

Supçiller ve Çapraz (2011) çalışmalarında Türkiye’de oluklu mukavva kutu üretimi yapan bir firmada en uygun tedarikçinin seçilmesi için AHP ve TOPSIS çok kriterli karar verme yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Çalışmada seçim kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesi için AHP yöntemi, tedarikçilerin sıralanması için TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Kağıt üreten dört tedarikçi dört ana kriter ve on bir alt kriterle göre değerlendirilmiştir.

Toloo ve Nalchigar (2011) çalışmalarında girdi odaklı bir VZA modeli kurarak on sekiz tedarikçinin etkinlik skorunu ölçmüşlerdir. Çalışmada en iyi tedarikçiyi bulmak

için etkinlik skorları belirlenen tedarikçiler doğrusal programlama tabanlı yeni bir model ile sıralanmıştır.

Chen (2011) çalışmasında Tayvan tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir dokuma işletmesinde tedarikçileri seçmek ve değerlendirmek için SWOT analizi, VZA ve TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmada ilk olarak sekiz kriter ele alınarak on iki tedarikçi VZA ile değerlendirilmiş daha sonra ise VZA'da etkin bulunan beş tedarikçi TOPSIS yöntemi ile değerlendirilerek sıralanmıştır.

Amid, Ghodsypour ve O'Brien (2011) çalışmalarında bir firmada tedarikçi seçimi için AHP ve max-min bulanık programlama yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada üç tedarikçi kalite, servis ve net maliyet ana kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Burada AHP kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması ve tedarikçi seçimi için, max-min bulanık programlama ise AHP yönteminden elde edilen veriler kullanılarak tedarikçilerden alınacak sipariş miktarının hesaplanması için uygulanmıştır.

Mafakheri, Breton ve Ghoniem (2011) çalışmalarında bir firmada tedarikçi seçimi ve sipariş bölüştürme faaliyetleri için iki aşamalı çok kriterli dinamik programlama yaklaşımını önermişlerdir. Çalışmanın birinci aşamasında AHP yöntemi ile tedarikçilerin sıralamaları belirlenmiş ikinci aşamada ise, tedarikçi sıralamaları firmada fayda maliyetini en üst düzeye çıkarmanın yanı sıra toplam tedarik zinciri maliyetini en aza indirmek için sipariş bölüştürme modeline uygulanmıştır.

Bronja (2011) çalışmasında otomobiller için mekanik tertibatlar üreten bir firmada tedarikçi seçim problemi için AHP yöntemini kullanmıştır. Çalışmada arz aralığı, fiyat, kalite, verim, teslim süresi, lokasyon, esneklik ve teslimat kriterleri ele alınarak yirmi tedarikçi değerlendirilmiş ve en iyi tedarikçi seçilmiştir.

Koul ve Verma (2011) çalışmalarında bir firmada tedarikçi seçim problemi için bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada kalite, teslimat, servis ve maliyet kriterleri ele alınarak dört tedarikçi değerlendirilmiştir.

Kilinci ve Onal (2011) çalışmalarında Türkiye'de çamaşır makinesi üretimi yapan bir firmada en iyi tedarikçi seçimi için bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır.

Çalışmada üç tedarikçi üç ana kriter altında bulunan on dört alt kritere göre değerlendirilerek en yüksek öncelik ağırlığına sahip tedarikçi en iyi tedarikçi olarak seçilmiştir.

Raut (2011) çalışmasında yeşil tedarikçi seçiminde tedarikçilerin çevresel performansını değerlendirmek için AHP-VZA melez modelini kullanmıştır. Çalışmanın birinci adımında kriterler belirlenmiş, ikinci adımda AHP ile kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış, üçüncü adımda ise AHP ile hesaplanan kriter ağırlıkları kullanılarak VZA ile tedarikçilerin performansları değerlendirilmiştir.

Zeydan, Çolpan ve Çobanoğlu (2011) çalışmalarında Türkiye’de otomotiv üretimi yapan bir firmada tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi için bulanık AHP, bulanık TOPSIS ve VZA yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada yedi tedarikçi altı kritere göre değerlendirilmiştir. Burada tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesinde bulanık AHP, tedarikçilerin sıralanmasında bulanık TOPSIS, bulanık TOPSIS sonuçları kullanılarak tedarikçilerin performanslarının ölçülmesi ve değerlendirilmesinde ise VZA yöntemi kullanılmıştır.

Öztürk ve Başkaya (2012) çalışmalarında Bursa’da faaliyet gösteren ve beş adet perakende satış mağazası bulunan bir ekmek fabrikasının un tedarikçisi seçim sürecini bulanık AHP ile değerlendirmişler ve genişletilmiş analiz ile toplam integral tekniği arasında karşılaştırma yapmışlardır. Yazarlar tedarikçi seçiminde ana kriter olarak kalite, fiyat ve maliyet kriterlerini dikkate almışlardır. Çalışmada ekmek fabrikasının üç tedarikçisi bulanık AHP algoritmaları ile ağırlıklandırma yapılarak sıralanmıştır.

Rouyendegh ve Erkan (2012) çalışmalarında Türkiye’de bulunan bir üniversiteye teçhizat sağlayan en iyi tedarikçiyi seçmek için AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada üç tedarikçi kalite, maliyet, esneklik ve teslimat kriterlerine göre değerlendirilmiş ve en uygun tedarikçi seçilmiştir.

Şengül, Eren ve Shiraz (2012) çalışmalarında Erzurum Büyükşehir Belediyesi toplu taşıma araç seçim problemi için bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır.

Araştırmada ulaştırma dairesi yetkilileri ve uzman kişiler ile yapılan görüşmeler neticesinde beş farklı 12 metre körüksüz otobüs tipi belirlenmiştir. Çalışmada beş farklı otobüs firması fiyat, yolcu kapasitesi, tüketilen yakıt, motor tipi, garanti, motor gücü, marka değeri, ekonomik ömür kriterlerine göre değerlendirilmiş ve sıralanmıştır.

Zouggari ve Benyoucef (2012) alışmalarında bir firmada tedarikçi seçimi için bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada üç tedarikçi, servis kalitesi, performans, yenilikçilik ve risk kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Burada bulanık AHP en iyi tedarikçi seçimi için, simülasyon tabanlı bulanık TOPSIS ise seçilen tedarikçiler arasındaki sipariş dağılımı ağırlıklarını belirlemek için uygulanmıştır.

Arıkan ve Küçükçe (2012) alışmalarında bir kamu kurumunda objektif kriterleri dikkate alarak, tedarikçi seçimi, değerlendirmesi ve isabetli bir fiyatlandırma mekanizması oluşturmak için AHP ve PROMETHEE yöntemlerini kullanmışlardır. Araştırmada kurumun tedarikçi seçim ve değerlendirme sürecine etki eden kriterler ve kriterler arası etkileşimler anket çalışması ve istatistiksel analiz ile tespit edilmiştir. Çalışmada kriter ve alt kriterler AHP ile ağırlıklandırılmış, 32 tedarikçi firmanın seçim ve değerlendirilmesi ise, PROMETHEE yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

Tayyar (2012) alışmasında gıda sektöründe üretim yapan ve ürünlerini pet Őiřelerde pazara sunan bir firmada en iyi pet Şişe tedarikçisi seçiminde bulanık AHP bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmada 4 tedarikçi Őiřenin kalitesi, maliyet ve hizmet kalitesi ana kriterleri ve bu ana kriterlerin altında yer alan 9 alt kritere göre değerlendirilmiş, en iyi tedarikçi belirlenmiştir.

Kapar (2013) alışmasında İzmir’de t makineleri ve basıncılı buhar kazanları üretimi alanında faaliyet gösteren işletmede tedarikçi seçim sürecinde AHP yöntemini kullanmıştır. Yazar fiyat, kalite, teslimat, esneklik, teknoloji ve modern yönetim anlayışı kriterlerini dikkate almıştır. Çalışmada konuyla ilgili bilgi sahibi

olan altı uzmanın görüşüne bağlı olarak üç tedarikçi değerlendirilmiş ve en iyi tedarikçi seçilmiştir.

Doğan ve Gencan (2013) çalışmalarında seyahat acenteleri için beş yıldızlı otel seçim problemine AHP yöntemini uygulamışlardır. Araştırmada kullanılan fiyat, hizmet kalitesi, tavsiye edilme oranı, otelin konumu ve müşteri güvenliği kriterleri literatürdeki bazı çalışmalardan ve turizm sektöründeki uzmanların görüşlerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Çalışmada beş yıldızlı otel seçiminde, beş seyahat acentesi yöneticisi, belirlenen kriterleri Saaty tarafından geliştirilmiş ölçeğe göre karşılaştırmıştır. Kriterlerin karşılaştırılmaları yapıldıktan sonra Kapadokya bölgesinde faaliyet gösteren dört adet beş yıldızlı otelin nihai öncelik değerleri hesaplanmış ve en uygun otel seçilmiştir.

Vatansever (2013) çalışmasında Gediz devlet hastanesinde yürütülen kulak burun boğaz ameliyatlarında kullanılmak üzere adenotonsillektomi, burun, laringoloji ve kulak seti alım kararı için bulanık AHP yöntemini kullanmıştır. Çalışmada konuyla ilgili üç uzman görüşü doğrultusunda kalite, maliyet, kullanım kolaylığı, kullanım ömrü, ürünlerde kullanılan ham madde ve yedek parça garantisi kriterleri belirlenmiş ve kullanılan kriterlere göre üç tedarikçi firma değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda Kamu İhale Kanunu ve bulanık AHP yöntemine göre alınan kararlar kıyaslanmıştır.

Vatansever ve Uluköy (2013) çalışmalarında çelik üretimi sektöründe faaliyet gösteren bir firmada Kurumsal Kaynak Planlaması (KKP) yazılımı seçimi problemi için bulanık AHP ve bulanık MOORA yöntemini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada toplam maliyet, fonksiyonellik, sistemin esnekliği, sistemin güvenilirliği, uygulama zamanı ve kullanım kolaylığı kriterleri ele alınarak beş farklı yazılım değerlendirilerek en uygun olanı seçilmiştir.

Yavuz ve İşçi (2013) çalışmalarında Türkiye’de ilk 500 büyük firma arasına giren ve gıda sektöründe faaliyet gösteren yirmi beş firmanın 2009, 2010 ve 2011 yıllarına ait görece etkinliklerini VZA yöntemini kullanarak ölçmüşlerdir. Çalışma sonucunda etkin bulunmayan firmaların etkin olabilmeleri için referans kümeleri bulunmuş olup, etkin olabilmeleri için hedefler belirlenmiştir.

Güleş, Çağlıyan ve Şener (2014) çalışmalarında Konya’da hazır giyim sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede üretimde en büyük girdi ve maliyet unsuru olan kumaş hammaddesi için en uygun tedarikçi seçimi probleminin çözümü için AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada hiyerarşik yapıyı oluşturan kriterler ve alternatifler Saaty’nin 1-9 önem skalasına göre ikili karşılaştırma karar matrisleri ile değerlendirilmiş, kriterlerin ve alternatiflerin ağırlıklarına bağlı olarak tedarikçiler sıralanarak en uygun tedarikçi seçimi yapılmıştır.

Baynal, Coşar ve Ergül (2014) çalışmalarında gıda sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede tedarikçi seçim probleminde ve tedarikçi performans değerlendirmesinde bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada teslimat, kalite, fiyatlandırma ve servis kriterleri ele alınarak üç tedarikçi değerlendirilmiştir.

Davras ve Karaatlı (2014) çalışmalarında hizmet sektöründe faaliyet gösteren bir otel işletmesinde tedarikçi seçimi sürecini değerlendirmek ve bu süreci doğru yönetebilmek için AHP ve bulanık AHP yöntemlerini uygulamış ve her iki yöntemin sonuçlarını karşılaştırarak yorumlamışlardır. Çalışmada altı kriter ve altı tedarikçi değerlendirmeye alınmıştır.

Karaatlı ve arkadaşları (2014) çalışmalarında Isparta ilinde turizm sektöründe faaliyet gösteren beş yıldızlı bir otelde tur operatörü seçiminde AHP temelli bulanık TOPSIS modelini uygulamışlardır. Çalışmada dört tur operatörü on üç kriterle değerlendirilmiştir. Burada kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi ile belirlenmiş, AHP’de elde edilen veriler bulanık TOPSIS yönteminde kullanılarak tur operatörleri değerlendirilmiş ve otel için en uygun tur operatörü seçilmiştir.

Jonavic ve Delibasic (2014) çalışmalarında Sırbistan’da elektronik cihaz üretimi yapan bir firmanın elektronik parça tedarikçi seçim problemi için bütünleşik KFG (Kalite Fonksiyon Göçerimi)/bulanık AHP modelini kullanmışlardır. Çalışmada üç tedarikçi on üç kriterle değerlendirilmiş ve sıralanmıştır.

Shiraz (2014) çalışmasında otomobil üreten bir firmada tampon tedarikçisi seçim problemi için bulanık TOPSIS ve bulanık VZA yöntemlerini birlikte kullanmıştır. Çalışmada bulanık VZA uygulamasında girdi ve çıktı değişkenleri olarak kullanılacak kriterler 5 farklı uzman görüşüne göre bulanık TOPSIS uygulamasıyla belirlenmiştir. Üç girdi değişkeni ve iki çıktı değişkeni dikkate alınarak on yedi tedarikçi firmanın etkinlik sıralaması yapılmıştır.

Kumar, Jain ve Kumar (2014) çalışmalarında Hindistan’da otomobil yedek parçaları üreten bir firmada çevre şartlarını dikkate alarak tedarikçi seçimini yapmak için VZA, AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada karbon emisyon zararını dikkate alarak Green Data Envelopment Analysis (GDEA) Yeşil Veri Zarflama Analizi isimli bir model geliştirmişler ve dört girdi değişkeni, dört çıktı değişkeni ile bu modeli on sekiz tedarikçiye uygulamışlardır. VZA modeli ve AHP-TOPSIS modeli sonuçları karşılaştırılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Govindan ve arkadaşları (2015) çalışmalarında yeşil tedarikçi seçiminde kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri ile ilgili bir literatür araştırması yapmışlardır. Araştırmada özellikle AHP, ANP, matematiksel programlama, VZA, bulanık ve bütünlük yöntemleri ile 1997-2011 yılları arasında yapılan otuz üç çalışma incelenmiştir.

Çetin ve Önder (2015) çalışmalarında Türkiye’de otomotiv yedek parçaları üreten bir işletmede en uygun tedarikçiyi belirlemek için AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada işletmenin tedarikçi seçiminde kullandığı otuz üç kriter önem derecesine göre sıralanmıştır. Çalışma sonucunda uzman görüşüne bağlı olarak firmanın üç tedarikçisi arasından en iyi olan tedarikçi belirlenmiştir.

Candan ve Yazgan (2015) çalışmalarında ilaç üreticisi bir firmada “amoksisilin” hammaddesi için en uygun tedarikçiyi belirlemek adına AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada üç tedarikçi firma fiyat, zamanında teslimat, güvenilirlik, potens, kalite, lot büyüklüğü ve menşei kriterleri açısından karşılaştırılmıştır.

Gündüz ve Güler (2015) çalışmalarında termal turizm sektöründe faaliyet gösteren bir konaklama işletmesinde tedarikçi seçim problemi için AHP ve TOPSIS yöntemlerini kombine bir şekilde kullanmışlardır. Araştırmada kriterler AHP yöntemi ile öncelik sırasına sokulmuş, kriterlerin ağırlıkları ya da önem dereceleri tedarikçilerin seçimi için yapılan TOPSIS yöntemi hesaplamalarında bir girdi olarak kullanılmaktadır. Çalışmada ürün kalitesi ve performansı, ürün bilgilendirmesi, ürün ulaştırma zamanı, fiyat, kalite çalışmaları, esneklik ve işbirliği seviyesi kriterleri dikkate alınarak 7 tedarikçi değerlendirilmiş ve en iyi tedarikçi belirlenmiştir.

Turgut (2015) çalışmasında İstanbul'da kimya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede tedarikçilerin performansının ölçülmesi için AHP ve bulanık AHP yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmada yedi ana kriter ve yirmi altı alt kriter belirlenmiş, işletme içerisindeki konuyla ilgili dört karar verici tarafından belirlenen kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılarak üç tedarikçi değerlendirilmiştir. Araştırmada öncelikle kriter ağırlıkları değerlendirilmiş, sonrasında tedarikçi seçimleri ile beraber analizi yapılarak yüzde dağılım ağırlıklarıyla birlikte performans değerlendirme sıralaması yapılmıştır.

Bronja ve Bronja (2015) çalışmalarında otomobil egzozu üreten bir firmanın alüminyum levha tedarikçisi seçim problemi için bütünleşik bulanık AHP/bulanık TOPSIS modelini uygulamışlardır. Çalışmada ürün fiyatı, tedarikçi güvenilirliği, tedarikçinin esnekliği, teslimat süresi, ödeme metodu, ürün kalitesi, ürünün ekolojik güvenliği, tedarikçi lokasyonu, tedarikçi ilişkileri ve tedarikçinin gelişime uyumu kriterleri dikkate alınarak altı tedarikçi sıralanmış ve değerlendirilmiştir.

Kumar, Shankar ve Debnath (2015) çalışmalarında telekomünikasyon sektöründe faaliyet gösteren firmaların performans ölçümünü yapmak ve tüketici tercihlerini belirlemek için bulanık AHP/ VZA melez modelini kullanmışlardır.

Sultana, Ahmed ve Azeem (2015) çalışmalarında Bangladeş'te otomotiv, motosiklet ve endüstriyel amaçlı diğer ekipmanlar için batarya üreten bir firmada tedarikçi seçimi için bütünleşik, bulanık DELPHI/bulanık AHP/bulanık TOPSIS modelini uygulamışlardır.

Tezsürücü ve Sofyalıoğlu (2015) alışmalarında Türkiye’de beyaz eşya sektöründe faaliyet gösteren bir firmada AHP ve VZA yöntemlerini birlikte kullanarak 20 farklı tedarikçinin performansını değerlendirmişlerdir. Çalışmada 23 adet tedarikçi seçim kriterinden kalite, teslimat ve fiyat kriteri VZA’da çıktı değerşkeni olarak kullanılmıştır. VZA’da girdi değerşkeni olarak kullanılacak olan kriterler ise, diğer 20 değerşken arasından AHP kullanılarak tespit edilmiştir.

akır (2015) alışmasında Türkiye’de teknoloji/bilişim sektöründe faaliyet gösteren ve Borsa İstanbul’a kote olmuş 16 firmanın 2010-2013 yılları arasındaki üç yıllık verilere göre etkinliğini ölçmek için bütünleşik bulanık Shannon Entropi-bulanık VZA yöntemini kullanmıştır. Çalışmada girdi-çıktı değerşkenleri seçiminde subjektiflikten kaçınmak için bulanık Shannon Entropi yöntemi önerilmiş, literatürde en sık kullanılan dört farklı bulanık VZA modeli kullanılmıştır. Çalışmanın son aşamasında söz konusu dört modelden elde edilen sıralama listelerinden bütünleşik tek bir sıralama elde etmek amacıyla Bordo Kuralı tekniği uygulanmıştır.

Civir (2015) alışmasında otomotiv sektöründe en uygun tedarikçinin belirlenmesi için üç büyük otomotiv firmasında AHP, bulanık AHP ve TOPSIS yöntemlerini ayrı ayrı uygulamış ve sonuçlarını karşılaştırmıştır. Çalışmada yöntemlerin sonuçları karşılaştırıldığında tedarikçi sıralamasının her üç yöntemde de aynı olduğu grlmştir.

Stevic ve arkadaşları (2016) alışmalarında bir firmada tedarikçi seçim problemi için bütünleşik bulanık AHP/TOPSIS modelini uygulamışlardır. Çalışmada rn fiyatı, teslimat süresi, boru uzunluğu, ödeme metodu, teslimat durumu ve kalite kriterlerine göre beş tedarikçi değerlendirilmiştir.

Türkoğlu (2016) alışmasında Düzce ilinde faaliyet gösteren bir ambalaj fabrikasında tedarikçi seçim problemi için bulanık AHP yöntemini kullanmıştır. Çalışmada üç tedarikçi fiyat, teslimat, ham madde ve hizmet ana kriterlerinin altında yer alan on iki kritere göre değerlendirilmiştir. Burada elde edilen veriler bulanık AHP ile

değerlendirilerek kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, bulunan sonuçlara göre; tedarikçi seçiminde en önemli kriterin ham madde kriteri olduğu tespit edilmiştir.

Çelik, Alkan ve Akdağ (2016) çalışmalarında otomotiv sektöründe faaliyet gösteren bir firmada tedarikçi seçimi için AHP-bulanık AHP ve TOPSIS yöntemlerini uygulamışlardır. Araştırma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada otomotiv sektöründe tedarikçi seçimi için önemli kriterler anket yardımıyla belirlenmiş, ikinci aşamada tedarikçiler çok ölçütlü yapıda göreceli olarak değerlendirilmiştir. Belirlenen kriterlere bağlı olarak tedarikçilerin ağırlıklandırılması ve değerlendirilmesinde bulanık AHP yönteminden yararlanılmıştır. Çalışmada fiyat, kalite, teslimat ve müşteri memnuniyeti kriterleri göz önüne alınarak üç firma değerlendirilmiştir. Ayrıca tedarikçilerin önceliklerinin tespitinde TOPSIS ve AHP yönteminden de yararlanılarak farklı bir bakış açısı sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda her üç yöntemde de firma sıralamalarının aynı olduğu görülmüştür.

Eren ve Özder (2016) çalışmalarında Türkiye’de içecek sektöründe faaliyet gösteren bir firmada üretim sürecinde kullanılan shrink ve streç film tedarikçi seçim problemi için AHP, ANP, PROMETHEE ve ELECTRE yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışmada altı tedarikçinin değerlendirilmesinde kullanılmak üzere literatürden yararlanılarak otuz beş kriter belirlenmiş ve daha sonra uzman görüşlerine bağlı olarak kriter sayısı ona indirilmiştir. Burada firma için uygun olan tedarikçinin seçilmesi için dört farklı çok ölçütlü karar verme tekniğinden yararlanılmış ve her yöntem sonrası birlikte çalışılması gereken ilk tedarikçinin aynı olduğu görülmüştür.

Simic ve arkadaşları (2017) çalışmalarında bulanık küme teorisi, bulanık karar verme ve bulanıklığa dayalı melez çözümlerin, tedarikçi değerlendirmesi ve seçimi için çeşitli modellerde 50 yıllık bir periyotta nasıl kullanıldığını araştırmışlardır.

Luthra ve arkadaşları (2017) çalışmalarında Hindistan’da faaliyet gösteren bir otomotiv firmasında sürdürülebilir tedarikçi seçimini değerlendirmek için AHP ve VIKOR yöntemlerini birlikte uygulamışlardır. Çalışmada beş tedarikçi firma 22 adet sürdürülebilir tedarikçi seçim kriterine göre değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda; çevre maliyetleri, ürün kalitesi, ürün fiyatı, iş sağlığı ve iş güvenliği

sistemleri ve çevre yeterlilikleri kriterleri ilk beş sırada yer alan sürdürülebilir tedarikçi seçim kriteri olarak sıralanmıştır. Çalışma sonuçları değerlendirilerek tedarikçiler sıralanmıştır.

Govindan, Mangla ve Luthra (2017) çalışmalarında Hindistan'da faaliyet gösteren ve plastik üreten dört tedarikçi firmanın performansını değerlendirmek ve performans değerlendirmede kullanılan kriterlerin önceliklerini belirlemek için bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Araştırma sonuçları tedarik zinciri performansını iyileştirmede işbirliği ve bilgi alışverişi kriterinin en yüksek önceliğe sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Santis, Golliat ve Aguiar (2017) çalışmalarında Brezilya'da faaliyet gösteren bir demiryolu işletmesinde bakım hizmeti sağlayan tedarikçileri değerlendirmek için bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada bakım hizmeti sağlayan beş farklı tedarikçi firma 8 farklı tedarikçi seçim kriterine göre değerlendirilmiş ve sıralanmıştır.

Ho ve Ma (2018) çalışmalarında literatürde tedarikçi seçimi, performans değerlendirme, strateji/politika değerlendirme, seçimi ve diğer amaçlar için AHP'nin entegre edilerek birlikte kullanıldığı 88 farklı çalışmayı incelemişlerdir. Bu kapsamda 1997-2006 yılları ve 2008-2017 yılları arasında yapılmış araştırmalar karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda araştırmacılara ve akademisyenlere yardımcı olabilecek yeni AHP entegrasyonları ve bazı yeni uygulamalar önerilmiştir.

Awasthi, Govindan ve Gold (2018) çalışmalarında sürdürülebilir küresel tedarikçi seçimi için entegre bulanık AHP-VIKOR yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada ekonomi, kalite, çevre, sosyal durum ve küresel riskler kriterleri sürdürülebilirlik kriteri olarak ele alınmıştır. Çalışmada ekonomik kriterlerin en fazla önem ağırlığına sahip, küresel risk ise en az önem ağırlığına sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Araştırma sonuçları küresel risklerin tedarikçi seçimi için hala önemli bir kriter olarak görülmediğini açıkça göstermektedir.

Bianchini (2018) çalışmasında AHP ve TOPSIS metotlarını birlikte kullanarak İtalya'da kek ve bisküvi üreten bir şirketin üçüncü taraf lojistik sağlayıcılarının değerlendirmesini yapmıştır. Çalışmada altı farklı kritere göre üçüncü taraf lojistik sağlayan üç farklı firma değerlendirilmiş ve sıralanmıştır.

Azimifard, Moosavirad ve Ariafar (2018) çalışmalarında AHP ve TOPSIS metotlarını birlikte kullanarak İran çelik sanayisi için tedarikçi konumundaki 41 farklı ülkeyi değerlendirmişlerdir. Çalışmada karbondioksit emisyonları, çalışan sayısı, su tüketimi ve mesafe kriterlerine göre tedarikçiler değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları, İran madencilik endüstrisinin İran'ın çelik sanayisi için en iyi sürdürülebilir tedarikçi olduğunu göstermektedir.

Bu tez çalışmasında literatürde yer alan çalışmalardan farklı olarak tekstil sektörünün alt grubu olan battaniye sektöründe bulanık AHP ve bulanık VZA yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla tedarikçi seçimi problemi üzerine odaklanılmıştır. İlgili literatürde yer alan tedarikçi seçim kriterleri göz önünde bulundurulmuş ve ayrıca sektöre özgü önemli kriterler çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışma bu yönüyle literatüre katkı sağlayabilecek niteliktedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde bu tez çalışmasında yararlanılan bulanık AHP ve bulanık VZA yöntemleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ:

BULANIK AHP VE BULANIK VZA

Çalışmanın bu bölümünde bulanık mantık, bulanık küme teorisi ve bulanık sayılarla ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca literatürde yaygın olarak kullanılan bulanık AHP ve bulanık VZA yöntemlerine değinilmiştir.

2.1. BULANIK MANTIK

Gerçek dünya karmaşıktır ve bu karmaşıklık, genellikle belirsizlik ve kesin karar verilememesinden kaynaklanır. Birçok sosyal, ekonomik ve teknik konuda insan düşüncelerinin tam olarak olgunlaşmamasından dolayı belirsizlikler her zaman bulunur (Yılmaz ve Arslan, 2005: 513).

Büyük ölçeklerden küçük ölçeklere doğru gidildikçe incelenen olayların kesinlikten uzaklaşarak belirsizlik içeren yönlerle doğru gitmeleri söz konusu olmaktadır. İnsan bilgisinin yetersizliğinden dolayı gerçek bir olayın kavranabilmesi tam anlamıyla mümkün olmamaktadır. Değişik şekillerde ortaya çıkan belirsizlik ve karmaşıklık gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık kaynaklar adı verilmektedir (Yıldız, 2013: 40). Bu tür tam ve kesin olmayan bilgilere bağlı olarak tutarlı ve doğru kararlar alınmasını sağlayan düşünme ve karar mekanizması bulanık mantık olarak adlandırılır (Karakaşoğlu, 2008: 56).

Bulanık mantık, sözel değişkenlerle modellemeye imkan vermektedir. Sözel değişkenlerin kullanılması bulanık mantığı diğer mantık sistemlerinden ayıran en önemli özelliktir.

2.1.1. Bulanık Mantık Kavramı

Bulanık mantık kavramı ilk olarak Zadeh (1965) tarafından Bilgi ve Kontrol (Information and Control) dergisinde yayımlanan Bulanık Kümeler (Fuzzy Sets) isimli çalışma ile ortaya konulmuştur (Zadeh, 1965: 338-353). Zadeh tarafından ortaya atılan bu çalışmada insan düşüncesinin bulanıklığından söz edilmiş, 0 ve 1 ile temsil edilen iki değerli mantık sisteminin insan düşünceleri açıklamakta yetersiz kaldığı ifade edilmiştir (Öztürk, 2011: 7).

Bulanık mantığın ilk uygulaması, Londra'daki Queen Mary College'de profesör olan H.Mamdani tarafından 1974 yılında bir buhar makinesinin denetiminin gerçekleştirilmesidir. Ticari olarak ise ilk defa, 1980 yılında Danimarka'daki bir çimento firmasının fırınlarının denetiminde uygulanmıştır. Bir başka çalışma ise Hitachi firması tarafından 1987 yılında Japon Sendai Metro'sunda gerçekleştirilmiştir. Yamaichi Securities tarafından geliştirilen bulanık mantık temelli uzman sistem, 1988 yılında Tokyo Borsası'nda yaşanan kriz sinyallerini on sekiz gün önceden haber vermiştir (Abduljabar, 2011: 3). Günümüzde bulanık mantık, birçok alanda uygulanmaya devam etmektedir.

Klasik mantıkta olaylar doğru veya yanlış olarak değerlendirilmektedir. Bulanık mantıkta ise doğru ve yanlış arasında birçok durum bulunmaktadır. Bulanık mantığın amacı; insanların belirsizlik durumları karşısında doğru kararlar vermelerine yardımcı olan düşünce mekanizmalarının oluşturulmasıdır (Güler ve Yücedağ, 2017: 112).

Bulanık mantık, insan davranışlarına benzer biçimde mantıksal uygulamalar ile bilgisayarlara yardımcı olan bir bilgisayar mantık devrimidir ve bir insanın çözüme ulaştırabileceği şekilde sistemlerin çalışmasına izin vermektedir. Bulanık mantığın en önemli özelliklerinden birisi nesnel olmayıp kişisel olmasıdır (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003: 63).

Bulanık mantık matematiksel bir disiplin olup, temelini doğru ve yanlış değerlerin belirlediği Bulanık Küme Kuramı oluşturmaktadır. Bulanık mantık optimizasyon, bilgi sistemleri, otomasyon ve denetim sistemleri gibi birçok uygulama alanına

sahiptir. Bulanık mantığın sağladığı en büyük fayda ise insana has tecrübe ve öğrenme unsurlarının kolayca modellenmesi ve belirsiz kavramların dahi matematiksel olarak ifade edilmesine imkan vermesidir (Yıldız, 2013: 42).

Bulanık mantık karmaşık ve bilgilerin kesin olmadığı durumlarda süreçlerin kontrolü için kullanılan bir metottur. Ayrıca bulanık mantık insan mantığını taklit ederek belirsiz ve yaklaşık durumlarda işlem yapabilme özelliğine sahiptir (Tiryaki ve Kazan, 2007: 3-4). Kesinlik durumunun söz konusu olduğu yerlerde problemlerin çözümünde kesin algoritmalar bulanık sistemlere göre daha etkilidir. Ancak belirsiz bilgilerden oluşan problemlerin çözümünde bulanık sistemler daha etkili ve başarılıdır (Shiraz, 2014: 27). Bundan dolayı bulanık mantığın belirsizlik durumlarında ve kesin olmayan verilere dayalı problemlerde kullanılmasının daha uygun olduğu gözükmektedir. Ayrıca bulanık mantığın uygulamaya geçirilişi hızlı ve ekonomiktir.

Bulanık mantık günümüzde yapay zeka sistemlerinde, elektronik sistemlerde, mühendislik, tıp, üretim, meteoroloji ve daha bir çok farklı alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bulanık mantık sayesinde değişkenler bilgisayarlara doğru bir modelleme ile aktarılmakta ve böylelikle uzman kişiler arasındaki denetim farkı ortadan kaldırılmaktadır (Çakır, 2015: 39).

Bulanık mantığın genel özellikleri Zadeh (1965) tarafından şu şekilde ifade edilmiştir (Elmas, 2011: 186):

- Bulanık mantıkta kesin değerler bulunmamaktadır, yaklaşık değerlere dayalı düşünme kullanılır,
- Bulanık mantıkta her şey $[0, 1]$ aralığında belirli bir derece ile gösterilir,
- Bulanık mantıkta bilgi, büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklindedir,
- Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır,
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- Bulanık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur.

Bulanık mantığın avantajları aşağıda sıralanmıştır (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003: 64):

- İnsan düşünce sistemine ve tarzına yakındır.
- Uygulamasında mutlaka matematiksel bir modele gereksinim duymaz.
- Yazılımın basit olması nedeniyle, sistem daha ekonomik olarak kurulabilir.
- Bulanık mantık kavramını anlamak kolaydır.
- Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde, diğer kontrol tekniklerine göre daha esneklerdir.
- Kesinlik arz etmeyen bilgilerin kullanılması söz konusudur.
- Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine izin verebilir.
- Sadece uzman kişilerin tecrübelerinden faydalanılarak, kolaylıkla bulanık mantığa dayalı bir modelleme ya da sistem tasarlanabilir.
- Geleneksel kontrol teknikleriyle uyum halindedir.
- İnsanların iletişimde kullandıkları sözel ifadelerin bulanık mantıkta kullanımı ile daha olumlu sonuçlar çıkmaktadır.

Bulanık mantığın dezavantajları aşağıda sıralanmıştır (Oğuz ve Dayık, 2014: 16):

- Bulanık denetimde kullanılan kurallar deneyime çok bağlıdır.
- Üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun fonksiyon deneme ile bulunur. Bu da oldukça uzun bir zaman alabilir.
- Denetlenen sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz ve sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılacak tek şey benzetim çalışmasıdır.

2.1.2. Bulanık Küme Teorisi

Bulanık sistemlerin en temel elamanı olan bulanık küme, üyelik dereceleri kesin olarak bilinmeyen ancak aday elemanların kümeye ait olma üyelik derecelerinin bilindiği bir kümedir. Bir bulanık küme, çalışma yapılan alanla ilgili her bir bireye matematiksel olarak kümedeki üyelik derecesini temsil eden bir değer atayarak tanımlanır. Bulanık kümelerde üyelik derecesi 0'dan 1'e kadar herhangi bir değer olabilir. Klasik kümelerde, kümenin bir elemanının üyelik derecesi "1" ise o birim kümenin elemanıdır, "0" ise kümenin elemanı değildir (Aktaş ve Çağman, 2005: 15; Çevik ve Yıldırım, 2010: 17).

Klasik küme teorisinin bir genelleştirmesi olan bulanık küme teorisinde kullanılan mantıksal işleyiş bulanık mantıktır. Bir bulanık kümede en az bir elaman 1 üyelik değerine sahipse bu bulanık kümeye "normal bulanık küme", hiçbir elamanı 1 değerine eşit değilse bu bulanık kümeye "normal olmayan bulanık küme" denir (Yakupoglu, Özdemir ve Ekberli, 2008: 122).

Bir elemanın kümenin elamanı olma veya olmaması temel kavramı üzerine kurulan klasik küme teorisi ile gerçek hayattan bir çok uygulama problemi açıklanıp ele alınamaz. Bu durumun aksine, bulanık küme teorisi kısmi üyeliği kabul etmektedir ve klasik küme gibi kesin sınırlara sahip değildir. Klasik kümeler, matematik ve bilgisayar bilimi için önemli bir araç ve farklı uygulamalar için uygun olmalarına karşın, insani düşünce tarzı ve kavramlarını yansıtamamaktadır. Bulanık kümeler ise, insan bilgisini ya da insan anlayışını ve dünya ile ilgili kavramları modellemek için kullanılan önemli bir araçtır (Karakasoglu, 2008: 64-65).

Bulanık kümelerin işlevlerinde genel olarak gerçek sayılar kullanılır ve üyelik işlevlerinin tanımlanmasında sayısal ve işlevsel olmak üzere iki yol bulunmaktadır. Sayısal tanımlama, bulanık kümenin üyelik işlevini ve üyelik derecesini belirten sayılardan oluşmuş vektör olarak tanımlanır. Bu vektörün boyutu ayırıklaştırma seviyesine bağlıdır ya da bir başka ifadeyle uzaydaki süreksiz elemanların sayısına bağlıdır. İşlevsel tanımlama ise bulanık kümenin üyelik işlevini, tanım uzayındaki her bir eleman için üyelik derecesini hesaplayabilen analitik deyimlerle tanımlanır. Bu işlevler $[0,1]$ aralığında bir üyelik derecesine sahiptirler (Elmas, 2011: 195).

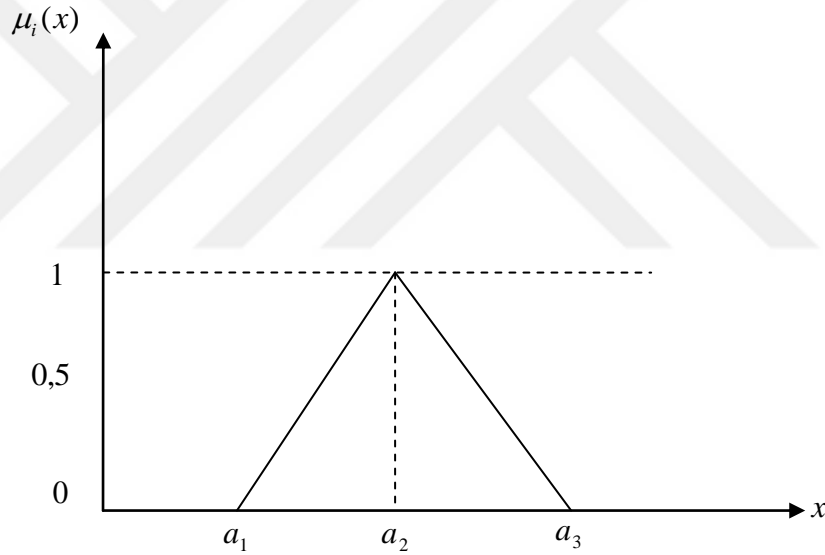
Bulanık kümeleme yöntemi, kümelerin birbirlerinden belirgin bir biçimde ayrılmadığı durumlarda ve bir takım objelerin kümelere aitliğini gösteren üyelik derecelerinde belirsizlikler ortaya çıktığı durumlarda kullanılmaktadır. Bulanık kümeleme analizi, desen tanıma, görüntü işleme, denetleyici sistemler, uzman sistemler, veri madenciliği, veri tabanları ve bulanık modelleme gibi uygulamalar için kullanılmaktadır (Güneş ve İncekırık, 2016: 315).

2.1.3. Bulanık Sayılar

Normal ve konveks olan bulanık kümeye bulanık sayı denir (Ecer, 2007: 164). Bulanık sayılar dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı sürekli üyelik fonksiyonu olan ve gerçel sayılarda tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilir (Baykal ve Beyan, 2004: 59).

Bulanık sayılar, bulanık kümelerin özel bir alt kümesidir. Yaygın olarak uygulamalarda kullanılan üçgensel ve yamuk olmak üzere iki tane bulanık sayı vardır (Karakaşoğlu, 2008: 85).

Bir üçgen üyelik fonksiyonu a_1, a_2, a_3 olarak üç parametre ile tanımlanmaktadır. Üçgen üyelik fonksiyonu Şekil 9'da gösterilmiştir.



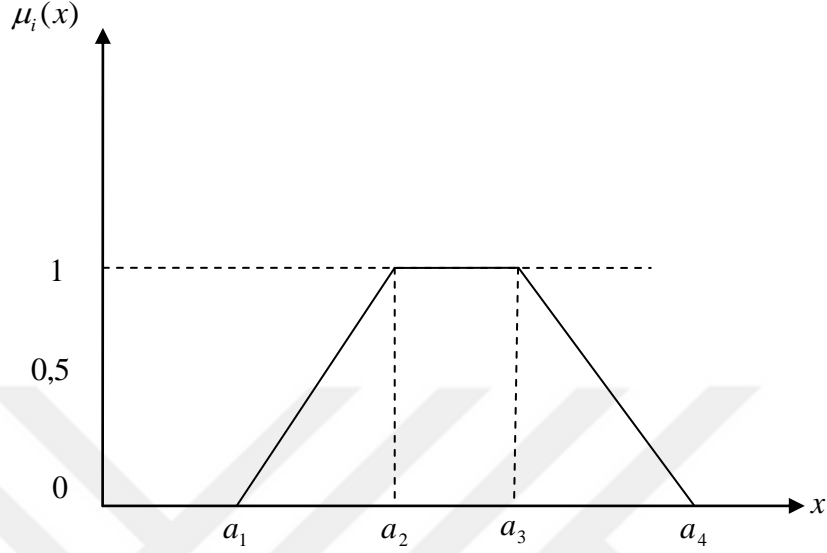
Şekil 9. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Kaynak: Karakaşoğlu, 2008: 71

Üçgen üyelik fonksiyonun matematiksel ifadesi (2.1) numaralı eşitlikteki gibidir (Karakaşoğlu, 2008: 71):

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 & \text{ise, } (x - a_1)/(a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 & \text{ise, } (a_3 - x)/(a_3 - a_2) \\ x > a_3 \text{ veya, } x < a_1 & \text{ise, } 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

Bir yamuk üyelik fonksiyonu a_1, a_2, a_3, a_4 olmak üzere dört parametre ile tanımlanmaktadır. Yamuk üyelik fonksiyonu Şekil 10'de gösterilmiştir.



Şekil 10. Yamuk Üyelik Fonksiyonu
Kaynak: Karakaşoğlu, 2008: 72

Yamuk üyelik fonksiyonun matematiksel ifadesi (2.2) numaralı eşitlikteki gibidir (Karakaşoğlu, 2008: 72):

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 & \text{ise, } (x - a_1)/(a_2 - a_1) \\ a_2 \leq x \leq a_3 & \text{ise, } 1 \\ a_3 \leq x \leq a_4 & \text{ise, } (a_4 - x)/(a_4 - a_3) \\ x > a_4 \text{ veya, } x < a_1 & \text{ise, } 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

2.2. BULANIK AHP

İlk olarak Zadeh tarafından 1965 yılında ortaya konan bulanık mantık, karmaşık ve bilgilerin belirsiz olduğu durumlarda süreçlerin kontrolü için kullanılmaktadır. AHP belirsizlik durumunda karar vermeye tam uygun olmadığından dolayı, bulanık mantık ve AHP birleştirilerek bulanık AHP ortaya konmuştur. Bulanık AHP karar vericilerin değerlendirme yapmalarını kolaylaştırıcı bir yöntemdir (Yacan, 2016: 14). Bulanık AHP'nin klasik AHP'ye göre üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir (Güner, 2005: 47):

1. Bulanık sayılar gerçek değerler esas alınarak insanların belirli kriterlere göre değerlendirilmelerini daha iyi yansıtabilmektedir.
2. Bulanık sayılar, karar vericilere ana amaca ulaşmak için değerlendirme yaparken kolaylık sağlamaktadır.

Bulanık AHP yönteminde tüm alternatiflerin öznel ve nesnel kriterlere göre değerlendirme değerlerini göstermek için genellikle bulanık sayılar ile karakterize edilen sözlü ifadeler kullanılmaktadır. Bulanık AHP'nin en önemli avantajı çoklu kriterler ele alınırken sağladığı kolaylıktır. AHP'deki tercihler karar vericilerin algıya dayalı yargıları olduğundan dolayı bulanık yaklaşım daha doğru bir karar verme süreci tanımlayabilmektedir (Dursun, 2009: 42).

Bulanık AHP problemi ilk olarak 1980 yılında Graan tarafından geliştirilmiştir. İki adımdan oluşan bu yöntemde, AHP probleminden bulanık oranlar kullanılarak öncelik vektörü çıkarılır. Yöntemin birinci adımında her $C_i (i = 1, 2, \dots, m)$ kriterine α_i bulanık ağırlıkları atanır. İkinci adımda ise $\beta_{ij} (j = 1, 2, \dots, n)$ kriterinden bağımsız olarak A_j bulanık ağırlıkları Q alternatiflerine atanır. Nihai öncelik vektörü olan W , (2.3) numaralı eşitlikten elde edilir (Dursun, 2009: 43).

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n);$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n \alpha_i \beta_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.3)$$

Bulanık AHP kullanılarak yapılan çalışmalarda, araştırmacılar hiyerarşik yapıyı ve bulanık küme teorisini kullanarak çok kriterli ortamda en uygun alternatifi belirlemek ya da alternatifleri sıralamak için çeşitli yöntemler sunmuşlardır (Şengül, Eren ve Shiraz, 2012: 150). Literatürde çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya atılmış birçok bulanık AHP modeli bulunmaktadır.

İlk bulanık AHP çalışması Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından üçgen üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanmış bulanık oranların karşılaştırıldığı çalışmayla görülmüştür. Buckley (1985) trapezoidal üyelik fonksiyonu ile karşılaştırma

oranlarının bulanık önceliklerini belirlemiştir. Chang (1996) karşılaştırmalarda üçgen bulanık sayıları kullanarak bulanık AHP için yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur. Weck vd. (1997) bulanık mantık matematiğini klasik AHP'ye ekleyerek farklı üretim döngüsü alternatiflerini değerlendirecek bir yöntem sunmuşlardır. Cheng, Yang ve Hwang (1999) dilsel değişken ağırlığa dayalı AHP yöntemini kullanarak silah sistemlerini değerlendirmek için yeni bir yöntem önermişlerdir (Kahraman, Cebeci ve Ruan, 2004: 175).

Bulanık AHP çalışmalarında genellikle üçgen bulanık sayılar kullanılmaktadır. Bulanık üçgen sayılar, $(l/m, m/u)$ ya da (l, m, u) şeklinde gösterilir. Bir bulanık olay için l ; mümkün en küçük değeri, m ; alınabilecek en büyük değeri, u ; mümkün en geniş değeri temsil eder (Başlıgil, 2005: 25).

Her üçgen sayının lineer gösterimleri sol ve sağ taraf şeklinde (2.4) numaralı eşitlikteki üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilir (Kahraman, Cebeci ve Ruan, 2004: 174; Ayağ, 2005: 833):

$$\mu(x/\tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u, \end{cases} \quad (2.4)$$

Bulanık AHP ile ilgili modellere aşağıdaki bölümlerde yer verilmiştir.

2.2.1. Van Laarhoven ve Pedrycz Bulanık AHP Yöntemi

Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından geliştirilen bu yöntemde bulanık ağırlıkların ve bulanık skorların üretilmesinde Lootsma'nın en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır. Doğrusal denklem sistemlerinin çözüm sonuçları her zaman bulanık sayı karşılığı vermediğinden dolayı bu yöntem eleştirilmiştir (Turgut, 2015: 77). Van Laarhoven ve Pedrycz yönteminin adımları aşağıda verildiği gibidir (Van Laarhoven ve Pedrycz, 1983: 229-241; Kahraman, 2008: 56; Turgut, 2015: 78-80):

Adım 1: Bulanık ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması. p_{ij} karar verici tahmini yoksa 0, bir karar verici tahmini var ise 1 ve diğer durumlarda karar verici sayısına bağlı olarak artmaktadır.

$$\begin{bmatrix} & a_{121} & \cdots & a_{1n1} \\ & \vdots & \cdots & a_{1n2} \\ 1,1,1 & \vdots & \cdots & \vdots \\ & a_{12p_{12}} & \cdots & a_{1np_{1n}} \\ a_{211} & \cdots & \cdots & a_{2n1} \\ a_{212} & \cdots & \cdots & a_{2n2} \\ \vdots & 1,1,1 & \cdots & \vdots \\ a_{21p_{21}} & \cdots & \cdots & a_{2np_{2n}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n11} & a_{n21} & & \\ a_{n12} & a_{n22} & & \\ \vdots & \vdots & \cdots & 1,1,1 \\ a_{n1p_{n1}} & a_{n2p_{n2}} & & \end{bmatrix}$$

Adım 2: $z_i = (l_i, m_i, u_i)$ olarak kabul edildiğinde;

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} - \sum_{j=1}^n p_{ij} u_{ij} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{p_{ij}} \ln l_{ijk} \quad \forall i \quad (2.5)$$

$$j \neq 1 \quad j \neq i \quad j \neq i$$

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} - \sum_{j=1}^n p_{ij} m_{ij} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{p_{ij}} \ln m_{ijk} \quad \forall i \quad (2.6)$$

$$j \neq 1 \quad j \neq i \quad j \neq i$$

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} - \sum_{j=1}^n p_{ij} l_{ij} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{p_{ij}} \ln u_{ijk} \quad \forall i \quad (2.7)$$

$$j \neq 1 \quad j \neq i \quad j \neq i$$

(2.5), (2.6) ve (2.7) numaralı eşitliklerde $\ln l_{ijk}$ ve $\ln u_{ijk}$ değerleri $\ln a_{ijk} = -\ln a_{jik}$ 'nin alt ve üst değerleri olmaz üzere:

$$\ln l_{ijk} + \ln l_{jik} = \ln u_{ijk} + \ln u_{jik} = 0 \quad \forall i, j, k. \quad (2.8)$$

$$z_i = (l_i + t_1, m_i + t_2, u_i + t_1) \quad (2.9)$$

Burada t_2, t_1 rastgele seçildiği zaman, $\forall i$ için çözümü elde edilmektedir.

Adım 3: Yukarıda yer alan bütün eşitliklerin sağ tarafında logaritmik işlemler kullanılmıştır. Bundan dolayı bulanık ağırlık vektörü, w_i :

$$\lambda_1 = \left[\sum_{i=1}^n \exp(u_i) \right]^{-1}, \lambda_2 = \left[\sum_{i=1}^n \exp(m_i) \right]^{-1}, \lambda_3 = \left[\sum_{i=1}^n \exp(l_i) \right]^{-1} \quad (2.10)$$

(2.10) numaralı eşitlikteki değerler kullanıldığında;

$$w_i = (\lambda_1 \exp(u_i), \lambda_2 \exp(m_i), \lambda_3 \exp(l_i)) \quad (2.11)$$

Elde edilir. (2.11) numaralı eşitlik r_{ij} , performans skoru hesaplamalarında da kullanılmaktadır (w_{ij} ana kriter ve r_{ij} alt kriterlerin bulanık ikili karşılaştırılmaları matrislerinden elde edilen ağırlık vektörleri olarak düşünülmektedir).

Adım 4: Tüm karşılaştırma matrisleri çözülmünceye kadar adım 1, adım 2 ve adım 3 birçok defa tekrarlanır. Bulanık ağırlıklar ve performans değerleri ile A_i seçeneği için bulanık araç, U_i denklemi uygulanır.

$$U_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}, \quad \forall i, j \quad (2.12)$$

2.2.2. Buckley Bulanık AHP Yöntemi

Buckley (1985) Van Laarhoven ve Pedrycz'nin yöntemlerinde yer alan doğrusal (lineer) denklemlerin tek bir çözümünün bulunmaması ve ağırlıkların hesaplanmasında mutlaka üçgensel bulanık sayıların kullanılması sorununu ele almıştır. Buckley bulanık ağırlıkları bulanık yamuk sayılar ile belirtmiş ve hesaplamalarında geometrik ortalamayı kullanmıştır. Bu yöntemin adımları aşağıda verildiği gibidir (Buckley, 1985: 233-247; Turgut, 2015: 80-82):

Adım 1: Karşılaştırma matrislerinin oluşturulması. Karar vericilerin verileri yamuk bulanık sayılar ile ifade edilmektedir. Matriste bulunan her hücrenin yamuk bulanık sayı elemanı (2.13) numaralı eşitlikte verilmiştir.

$$\tilde{t}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}), \quad \forall i, j \quad (2.13)$$

Adım 2: Normalizasyon ve ağırlık vektörünün hesaplanması. Ağırlık vektörünün hesaplanması için matristeki her bir sıranın geometrik ortalaması alınır ve tüm sıraların toplamına bölünerek normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. Bulanık performans değerleri $r_{ij}, \forall i, j$ yine bu işlem ile hesaplanmaktadır (Burada konu edilen ağırlık vektörleri ve performans değerleri olarak; w_{ij} ana kriter ve r_{ij} alt kriterlerin bulanık ikili karşılaştırılmaları matrislerinden elde edilen ağırlık vektörleridir).

$$\tilde{z}_i = \left[\prod_{j=1}^n \tilde{t}_{ij} \right]^{\frac{1}{n}} \quad \forall i, \text{ ve } w_i = \tilde{z}_i \oplus \left[\sum_{j=1}^n \tilde{z}_j \right]^{-1} \quad (2.14)$$

Burada \oplus sembolü bulanık toplama işlemini ifade etmektedir. Karşılaştırma matrisi hücre elemanı \tilde{t}_{ij} için sağ ve sol parça fonksiyonları aşağıda verilmiştir.

$$f_i(a) = \left[\prod_{j=1}^n ((b_{ij} - a_{ij})a + a_{ij}) \right]^{\frac{1}{n}}, \quad a \in [0,1] \quad (2.15)$$

$$g_i(a) = \left[\prod_{j=1}^n ((c_{ij} - d_{ij})a + b_{ij}) \right]^{\frac{1}{n}}, \quad a \in [0,1] \quad (2.16)$$

$$a_i = \left[\prod_{j=1}^n a_{ij} \right]^{\frac{1}{n}} \quad \text{ve } a = \sum_{i=1}^m a_i \quad (2.17)$$

Bu işlemler b_i, c_i, d_i ve b, c, d hesaplamalarında da geçerlidir. Bu durumda bulanık ağırlık vektörü (2.18) numaralı eşitlikteki gibi elde edilir.

$$w_i = \left(\frac{a_i}{d}, \frac{b_i}{c}, \frac{c_i}{b}, \frac{d_i}{a} \right), \quad \forall i \quad (2.18)$$

μ_{w_i} üyelik fonksiyonu ve x yatay eksenindeki reel sayılar kümesinin elemanı ise üyelik fonksiyonu karakteristiği ikili karşılaştırma üyelik fonksiyonu analizi Tablo 7 üzerinde gösterildiği gibi olacaktır.

Tablo 7. İkili Karşılaştırma Üyelik Fonksiyonu Analizi

No	x	$\mu_{w_i}(x)$
1	$\leq \left(\frac{a_i}{d} \right)$	0
2	$\geq \left(\frac{a_i}{d} \right)$	0
3	$\left[\frac{b_i}{c}, \frac{c_i}{b} \right]$	1
4	$\left[\frac{a_i}{d}, \frac{b_i}{c} \right]$	$a \in [0,1]$
5	$\left[\frac{c_i}{b}, \frac{d_i}{a} \right]$	$a \in [0,1]$

Kaynak: Kahraman, 2008: 17.

x değerlerine bağlı olarak Tablo 7’de 1. ve 2. sırada üyelik değeri "0" iken 3. sırada 1’dir. x değerleri Tablo 7’de 4. ve 5. sırada gösterilen aralıklardan birinde olduğu zaman ise üyelik değerinin hesaplanmasında a değerlerine bağlı olarak (2.20) numaralı eşitlik uygulanır:

$$f(a) = \sum_{i=1}^m f_i(a), \quad g(a) = \sum_{i=1}^m g_i(a) \quad (2.19)$$

$$x = \begin{cases} \frac{f_i(a)}{g(a)}, & \text{eğer } \in \left[\frac{a_i}{d}, \frac{b_i}{c} \right] \\ \frac{g_i(a)}{f(a)}, & \text{eğer } \in \left[\frac{c_i}{b}, \frac{d_i}{a} \right] \end{cases} \quad (2.20)$$

Adım 3: Bulanık ağırlık ve bulanık performans değerlerinin hesaplanması. Bulanık performans değerleri ile bulanık araç değerleri U_i elde edilmektedir.

$$U_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij}, \quad \forall i, j \quad (2.21)$$

2.2.3. Chang'in Genişletilmiş Analiz Yöntemi

Literatürde çok değişik bulanık AHP modelleri olmasına rağmen, literatürde en çok kullanılan modellerden birisi Chang (1996)'in bulanık AHP modelidir (Kahraman, Oner ve Oztaysi, 2015: 648-651).

Literatürde Chang'in bulanık AHP yönteminin kullanıldığı çok sayıda çalışmaya rastlamak mümkündür. (Kahraman, Cebeci ve Ulukan, 2003: 387-389; Kahraman, Cebeci ve Ruan, 2004: 171-184; Başlıgil, 2005: 25-26; Kulak ve Kahraman, 2005: 199-200; Chan ve Kumar, 2007: 424-426; Lee, 2009: 2882; Lee vd., 2009: 7919-7920; Şengül, Eren ve Shiraz, 2012: 151; Shaw vd., 2012: 8184; Akyüz, 2012: 326; Choudhary ve Shankar, 2012: 513-517; Junior, Osiro ve Carpinetti, 2014: 198; Chen, Hsieh ve Do, 2015: 101-102; Shafiee, 2015: 2148; Tavana vd., 2016: 550-551; Zyoud vd., 2016: 90-91; Kumar, Rahman ve Chan, 2017: 537-538; Liu ve Liao, 2017: 9; Alipour vd., 2017: 390-391; Ren ve Ren, 2018: 1389-1390; Zarghami vd., 2018: 114-115).

Bu tez çalışmasında kullanılan model olan Chang'in bulanık AHP modeli üzerinde detaylı açıklamalar aşağıda yapılmıştır.

$X_n = 1, 2, \dots, n$ bir nesnelere kümesi ve $U_m = 1, 2, \dots, m$ ise amaçlar kümesi olsun. Chang'in yöntemine göre her nesne alınır ve her amacın büyüklük analizi için g_i , ayrı ayrı uygulanır. Bundan dolayı, m adet büyüklük analizi değeri her nesne için (2.22) numaralı eşitlikteki gibi elde edilebilir (Kahraman, Cebeci ve Ruan, 2004: 176; Başlıgil, 2005: 25):

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2.22)$$

Buradaki bütün $M_{gi}^j (j=1, 2, \dots, m)$ 'ler üçgen bulanık sayılardır. Chang'ın büyüklük analizinin adımları aşağıda verildiği gibidir (Chang, 1992: 352-355; Chang, 1996: 650-651; Kahraman, Cebeci ve Ruan, 2004: 176-177; Başlıgil, 2005: 25-26):

Adım 1: i . nesneye göre bulanık büyüklük değeri (2.23) numaralı eşitlikteki gibi tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (2.23)$$

$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ 'yi elde etmek için m tane büyüklük analizi değerlerinin bulanık toplam işlemi (2.24) numaralı eşitlikteki gibi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (2.24)$$

$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ 'i elde etmek için $M_{gi}^j (j=1, 2, \dots, m)$ bulanık toplam işlemi (2.25) numaralı eşitlikteki gibi uygulanır.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (2.25)$$

Adım 2: $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ olayının olabilirlik derecesi

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (2.26)$$

(2.26) numaralı eşitlikte tanımlanır ve (2.27) numaralı denklikte açıklanabilir.

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & m_2 \geq m_1, \text{ ise} \\ 0, & l_1 \geq u_2, \text{ ise} \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{yoksa} \end{cases} \quad (2.27)$$

Burada d , μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek D kesişim noktasının ordinatıdır.

M_1 ve M_2 karşılaştırmak için $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerini her ikisine de ihtiyaç vardır.

Adım 3: Konveks bir bulanık sayının k adet bulanık sayıdan, $M_i (i=1, 2, \dots, k)$, daha büyük olabilirlik derecesi (2.28) numaralı eşitlikteki gibi tanımlanabilir.

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \vee (M \geq M_2) \vee \dots \vee (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), \quad i=1, 2, 3, \dots, k \end{aligned} \quad (2.28)$$

Bu durumda (2.22) numaralı eşitlikteki S_j 'ler için (2.29) numaralı eşitlikteki varsayımlar yapılmıştır,

$$k=1, 2, 3, \dots, n, \quad k \neq i \text{ için } d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (2.29)$$

Daha sonra ağırlık vektörü $A_i (i=1, 2, \dots, n)$ 'nin n elamandan oluştuğu (2.30) numaralı eşitlik ile gösterilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (2.30)$$

Adım 4: Normalizasyon ile normalize edilmiş vektör W' 'nin bulanık bir sayı olmadığı (2.31) numaralı eşitlik ile ifade edilir.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (2.31)$$

2.2.4. Enea ve Piazza Bulanık AHP Yöntemleri

Bu yöntemler Chang (1992)'in genişletilmiş analiz yöntemi temel alınarak geliştirilmiştir. Enea ve Piazza (2004) tarafından geliştirilen bu iki yöntem aşağıda verildiği gibidir (Enea ve Piazza, 2004: 39-62):

1.Yöntem:

$$a_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$$

$$a_{ji} = (1/u_{ij}, 1/m_{ij}, 1/l_{ij}) \quad \forall_i \neq j, \quad (2.32)$$

$$a_{ji} = (1, 1, 1) \quad \forall_i \neq j.$$

$$S_i = (S_{li}, S_{mi}, S_{ui})$$

Burada l, m, u sırasıyla alt, orta ve üst indekslerdir. S_{mi} 'yi değerlendirmek için (2.33) numaralı eşitlik oluşturulur.

$$S_{mi} = \sum_{j=1}^n m_{ij} x \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} \right]^{-1} \quad (2.33)$$

S_{li} 'yi değerlendirmek için (2.34) numaralı eşitlik ile gösterilen uygun bir matris oluşturulması gereklidir.

$$B_i = [b_{kj}] \quad (2.34)$$

Bu matriste bulanık ikili karşılaştırma temel alınarak aşağıdaki kısıtlamalar dikkate alınmalıdır.

$$b_{ij} = 1$$

$$b_{jk} = 1/b_{kj} \quad (2.35)$$

$$b_{ij} = l_{ij} \quad \forall j \neq i$$

$$b_{kj} = \{x | y = \max(x+1/x) \quad \forall x \in [l_{kj}, u_{kj}]\} \quad \forall k \neq i; j \neq i; j > k$$

$$S_{li} = \sum_{j=1}^n b_{ij} x \left[\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n b_{kj} \right]^{-1} \quad (2.36)$$

S_{ui} 'yi değerlendirmek için (2.37) numaralı eşitlik ile gösterilen uygun bir matris oluşturulması gereklidir.

$$C_i = [c_{kj}] \quad (2.37)$$

$$S_{ui} = \sum_{j=1}^n c_{ij} x \left[\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n c_{kj} \right]^{-1} \quad (2.38)$$

Bu matriste aşağıdaki kısıtlamalar dikkate alınmalıdır.

$$\begin{aligned}
c_{ij} &= 1 \\
c_{ij} &= 1/c_{ji} \\
c_{ij} &= u_{ij} \quad \forall j \neq i \\
c_{kj} &= \{x|y = \min(x+1/x) \quad \forall x \in [l_{kj}, u_{kj}]\} \quad \forall k \neq i; j \neq i; j > k.
\end{aligned} \tag{2.39}$$

2.Yöntem:

$S_i = (S_{li}, S_{mi}, S_{ui})$ olarak ele alındığında;

$$S_{mi} = \left[\left(\prod_{j=1}^n m_{ij} \right)^{1/n} \right] / \sum_{k=1}^n \left[\left(\prod_{j=1}^n m_{kj} \right)^{1/n} \right] \tag{2.40}$$

$$S_{li} = \min \left[\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \right] / \sum_{k=1}^n \left[\left(\prod_{j=1}^n a_{kj} \right)^{1/n} \right]. \tag{2.41}$$

Kısıtlar

$$a_{kj} \in [l_{kj}, u_{kj}] \quad \forall j > k$$

$$a_{jk} = 1/a_{kj} \quad \forall j < k$$

$$a_{jj} = 1$$

$$S_{ui} = \max \left[\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \right] / \sum_{k=1}^n \left[\left(\prod_{j=1}^n a_{kj} \right)^{1/n} \right]. \tag{2.42}$$

Kısıtlar

$$a_{kj} \in [l_{kj}, u_{kj}] \quad \forall j > k$$

$$a_{jk} = 1/a_{kj} \quad \forall j < k$$

$$a_{jj} = 1$$

2.2.5. Ayağ'ın Bulanık AHP Yöntemi

Ayağ (2005) tarafından önerilen bulanık AHP modeli, hesaplama kolaylığı ve tutarlılık analizinin normalize edilmiş matris üzerinden yeni bir matris oluşturulmadan yapılabilmesinden dolayı literatürde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Büyüközkan, Çifçi ve Güleriyüz, 2011: 9413-9419; Wong ve Lai, 2011:163; Büyüközkan ve Çifçi, 2012: 2345-2346; Mardani, Jusoh ve Zavadskas, 2015: 4128-4148). Bu yöntemin adımları aşağıda verildiği gibidir (Ayağ, 2005: 827-842):

Adım 1: Performans skorunun karşılaştırılması. Üçgen bulanık sayılar $(\tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9})$ aynı hiyerarşideki her bir unsurun göreceli kuvvetini göstermek için kullanılır.

Adım 2: Bulanık karşılaştırma matrisinin oluşturulması. Üçgen bulanık sayılar kullanılarak, ikili karşılaştırma yoluyla bulanık karar matrisi \tilde{A} (2.43) numaralı eşitlikte gösterildiği gibi elde edilmiştir.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.43)$$

Eğer $i = j$ ise $a_{ij}^a = 1$, $i \neq j$ ise $a_{ij}^a = \tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9}$ veya $a_{ij}^a = \tilde{1}^{-1}, \tilde{3}^{-1}, \tilde{5}^{-1}, \tilde{7}^{-1}, \tilde{9}^{-1}$ şeklindedir.

Adım 3: Bulanık öz değerin çözümü. Bulanık bir öz değer $\tilde{\lambda}$ için (2.44) numaralı eşitliğinin bulanık bir sayı çözümüdür.

$$\tilde{A}\tilde{x} = \tilde{\lambda}\tilde{x} \quad (2.44)$$

Burada A , \tilde{a}_{ij} ve \tilde{x} bulanık sayıları içeren $n \times n$ şeklinde bulanık bir matrisdir. \tilde{x} sıfırdan farklı $n \times 1$ ise, bulanık vektör \tilde{x}_i bulanık sayısını içerir. Aralık aritmetiği ve

a -kesim kullanarak bulanık toplama ve çarpma işlemlerini gerçekleştirebilmek için $\tilde{A}\tilde{x} = \tilde{\lambda}\tilde{x}$ (2.44) numaralı eşitlik aşağıda verilen (2.45) numaralı eşitliğe eşdeğerdir.

$$[a_{i1l}^a x_{i1l}^a, a_{i1u}^a x_{i1u}^a] \oplus \dots \oplus [a_{inu}^a x_{inu}^a, a_{inu}^a x_{inu}^a] = [\lambda x_{i1}^a, \lambda x_{iu}^a]$$

Burada;

$$\begin{aligned} \tilde{A} &= [\tilde{a}_{ij}^a], \tilde{x}^t = (\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n), \\ a_{ij}^a &= [a_{ij1}^a, a_{iju}^a], \tilde{x}_i^a = [x_{i1}^a, x_{iu}^a], \tilde{\lambda}_a = [\lambda_1^a, \lambda_u^a] \end{aligned} \quad (2.45)$$

$i = 1, 2, \dots, n$, ve $j = 1, 2, \dots, n$, olduğunda $0 \leq a \leq 1$ ve her i, j için.

a -kesim'e uzmanlar veya karar vericilerin kendi tercihleri veya kararlarını da eklediği bilinmektedir. Karar matrisi \tilde{A} için memnuniyet derecesi, μ iyimserlik indeksi kullanılarak hesaplanmaktadır. μ iyimserlik indeksinin yüksek bir değeri, daha yüksek bir iyimserlik derecesini işaret etmektedir. İyimserlik indeksi, (2.46) numaralı eşitlikte gösterildiği gibi bir doğrusal dışbükey kombinasyondur.

$$\tilde{a}_{ij}^a = \mu a_{iju}^a + (1 - \mu) a_{ij1}^a, \quad \forall \mu \in [0, 1]. \quad (2.46)$$

a sabit olduğu durumda, μ iyimserlik indeksi tamamlandıktan sonra memnuniyet derecesini hesaplayabilmek için (2.47) numaralı eşitlikte verilen matris elde edilebilir.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12}^a & \dots & \tilde{a}_{1n}^a \\ \tilde{a}_{21}^a & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n}^a \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1}^a & \tilde{a}_{n2}^a & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.47)$$

Burada öz vektör, iyimserlik değeri μ sabit tutularak öz değerim maksimumu bulunarak hesaplanmaktadır.

Adım 4: Tutarlılık oranının hesaplanması. Yöntemin sonucunu kontrol etmek adına matrislerin her biri için tutarlılık oranı ve hiyerarşi için genel tutarsızlık hesaplanır.

Tutarlılıktan sapmalar (2.48) numaralı eşitlikte gösterilen CI (Tutarlılık İndeksi) ile ifade edilir.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2.48)$$

CR (Tutarlılık Oranı) (2.49) numaralı eşitlikte gösterildiği gibi elde edilir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.49)$$

Eğer tutarlılık oranı 0.10'dan küçükse karşılaştırmalar kabul edilebilir aksi halde kabul edilemez. Yani 0.10'dan küçükse tutarlı değilse tutarlı değildir denilebilir.

Adım 5: Alternatiflerin öncelikler ağırlıklarının hesaplanması. Bu amaçla (2.50) numaralı eşitlik kullanılır.

$$k = \sum_{i=1}^t , \quad i = 1, 2, \dots, t \quad (2.50)$$

Burada t . toplam kriter sayısıdır.

2.3. BULANIK VZA

VZA'nın temelinde yatan varsayım, bütün verilerin belirli sayısal değerler alması esasına dayanmaktadır. Fakat gerçek hayatta bazı uygulamalarda veriler kesin olmayabilir. Klasik VZA modelleri, yalnızca girdi-çıkı değişkenlerinin kesin olarak bilindiği durumlarda uygulanabilmektedir. Verilerin belirsiz olduğu durumlarda etkinlik ölçümünün yapılabilmesi için bulanık VZA modelleri geliştirilmiştir.

Bulanık VZA modellerinde kullanılan veriler dört gruba ayrılabilir (Oruç, 2008: 60):

1. Sınırlandırılmış (interval) veriler (Alt ve üst sınır değerlerinin veya üyelik fonksiyonunun bilindiği sınırlandırılmış bulanık sayı verileri),
2. Sıralı (ordinal) veriler (Karar verme birimlerinin herhangi biri i. girdi veya r. çıktı verileri arasındaki büyük-küçük-eşit veya çok çok önemli-çok önemli-önemli-önemsiz gibi sözel sıralı ilişkinin bilindiği veriler),
3. Hiçbir şekilde elde edilememiş veriler (Missing data),

4. Kesin değerleri bilinen veriler (Exact data).

Bazı araştırmacılar etkinlik performansını ölçmek ve değerlendirmek için bulanık teoriyi kullanmıştır. Bulanık teori kullanılarak geliştirilen bu modellerden bazılarında aşağıdaki paragraflarda yer verilmiştir (Oruç, 2008: 61-95; Wang ve Chin, 2011: 11678-11679 ; Marbini, Emrouznejad ve Tavana, 2011: 452-472; Shiraz, 2014: 64-73; Çakır, 2015: 63-103).

Sengupta (1992) rastgele bulunan gözlem değerlerini kullanarak performans ölçümü gerçekleştirdiği çalışma ile 1992 yılında ilk kez bulanık teoriyi VZA'ya dahil etmiştir. Bu modelde doğrusal üyelik fonksiyonu ve doğrusal olmayan üyelik fonksiyonu VZA çerçevesinde ele alınmıştır.

Cook, Kress ve Seiford (1996) ilk olarak 1993 yılında yaptıkları çalışmada sadece sıralı veriler içeren girdi ve çıktı verileri için bir VZA modeli önermiş, daha sonra bu modeli 1996 yılında yaptıkları çalışma ile kesin ve sıralı veriler içeren problemler için geliştirmişlerdir.

Cooper, Park ve Yu (1999) sınırlandırılmış kesin ve sıralı veriler için uygulanabilen iki aşamalı bir model geliştirmişlerdir. Modelin ilk aşamasında her veri için ölçek dönüşümü yapılır, ikinci aşamada ise girdi ve çıktı miktarları, girdi ve çıktılara verilecek ağırlıklar bilinmediği için doğrusal olmayan VZA modeli değişken değişimi yapılarak doğrusal olan VZA modeline dönüştürülür.

Kao ve Liu (2000) α -kesim yöntemi ve genişleme ilkesi kullanarak bulanık VZA'nın klasik VZA'ya çevrilmesi üzerine bir model önermişlerdir. 2000 yılında önerilen bu model, sınırlandırılmış ve kesin değeri bilinen verilere sahip problemler için uygulanabilir.

Guo ve Tanaka (2001) bulanık verilerin simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olduğu, sınırlandırılmış ve kesin veriler için geliştirilmiş dört aşamalı bir model önermişlerdir. Önerilen bu modelde VZA ile regresyon analizi arasındaki benzerlik ve ilişkiler göz önüne alınmıştır.

Despotis ve Smirlis (2002) değişkenler üzerinde dönüşümlerin uygulandığı ve bulanık verilerin kullanıldığı VZA problemine alternatif bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen model sınırlandırılmış, kesin ve sıralı veriler için uygulanabilen bir modeldir.

Saati, Memariani ve Jahanshahloo (2002) bulanık girdi ve çıktı verilerinin üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olduğu sınırlandırılmış ve kesin veriler için geliştirilmiş iki aşamalı bir model geliştirmişlerdir. Modelin birinci aşamasında girdi ve çıktı verilerinin α -kesim kümeleri oluşturulur. İkinci aşamada ise hem girdi ve çıktı miktarları hem de girdi ve çıktılara verilecek ağırlıklar bilinmediği için doğrusal olmayan VZA modeli değişken değişimi yapılarak doğrusal olan VZA modeline çevrilir.

Lertworasirikul, Fang ve Joines (2003a) sınırlandırılmış ve kesin veriler için bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu modelde, Zadeh (1965) tarafından ortaya atılan olabilirlik teorisi kullanılmıştır.

Leon vd (2003) sınırlandırılmış veriler için bir model geliştirmişlerdir. Modelde bulunan girdi ve çıktı verileri yamuk üyelik fonksiyonuna sahiptir.

Saati ve Memariani (2005) bulanık girdi ve çıktı verilerinin üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olduğu, sınırlandırılmış ve kesin veriler için iki aşamadan oluşan bir model geliştirmişlerdir.

Wang, Greatbanks ve Yank (2005) tarafından geliştirilen modelde α – kesimler yaklaşımı esas alınmıştır. Burada tutarlı kıyaslama yapabilmek için her α – kesim seviyesi için aynı üretim sınırı kullanılmaktadır.

Yukarıda açıklanan Bulanık VZA ile ilgili modellere aşağıdaki bölümlerde yer verilmiştir.

2.3.1. Cook-Kress-Seiford Modeli

Cook, Kress ve Seiford ilk olarak 1993 yılında önermiş oldukları modeli 1996 yılında yaptıkları çalışma ile kesin ve sıralı veriler içeren problemlerin çözümü için geliştirmişlerdir. Kesin ve sıralı veriler içeren KVB için t. KVB için girdiye yönelik CCR modeli aşağıda verildiği gibidir (Cook, Kress ve Seiford, 1996: 945-953; Oruç, 2008: 67-68):

$$E_t = \max \sum_{r \in K^C} u_r y_{rt} + \sum_{r \in S^C} \sum_{\ell=1}^L u_r^\ell y_{rt}^\ell$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i \in K^G} v_i X_{it} + \sum_{i \in S^G} \sum_{\ell=1}^L v_i^\ell X_{it}^\ell = 1 \quad (2.51)$$

$$\sum_{r \in K^C} u_r y_{rj} + \sum_{r \in S^C} \sum_{\ell=1}^L u_r^\ell y_{rj}^\ell - \sum_{i \in K^G} v_i x_{ij} - \sum_{i \in S^G} \sum_{\ell=1}^L v_i^\ell x_{ij}^\ell \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

En alt sıradaki veri $\geq \delta$ olmak üzere her sıralı r. çıktı için y_{rj} 'ler arasındaki sıralı ilişki $r \in S^C \quad j = 1, 2, \dots, n$

En alt sıradaki veri $\geq \delta$ olmak üzere her sıralı i. girdi için x_{ij} 'ler arasındaki sıralı ilişki $i \in S^G \quad j = 1, 2, \dots, n$

$$u_{rj}^\ell = \begin{cases} 1 & j. \text{ KVB'nin } r. \text{ çıktısı } r. \text{ çıktılar arasında } \ell. \text{ sırada ise diğer durumlarda} \\ 0 & \end{cases}$$

$$v_{ij}^\ell = \begin{cases} 1 & j. \text{ KVB'nin } i. \text{ girdisi } i. \text{ girdiler arasında } \ell. \text{ sırada ise diğer durumlarda} \\ 0 & \end{cases}$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon, L \leq n \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Burada δ : yeterince küçük bir sayı ($\delta \leq 10^{-6}$)

Modelde sıralı çıktı veya girdiler için, çok çok önemli, çok önemli, önemli, önemsiz sınıflandırılması yapılmış olsun. $\ell = 1$ çok çok önemli, $\ell = 2$ çok önemli, $\ell = 3$ önemli ve $\ell = 4$ önemsiz olduğunda, L kümesi $L = \{1, 2, 3, 4\}$ şeklinde olur. Birden çok karar verme biriminin aynı ℓ değerini alma olasılığı olduğundan dolayı modele $L \leq n$ kısıtı eklenmiştir.

2.3.2. Cooper-Park-Yu Modeli

Cooper, Park ve Yu tarafından geliştirilen model iki adımlıdır ve sınırlandırılmış, kesin ve sıralı veriler için uygulanabilir. Modelin aşamaları aşağıda verildiği gibidir (Cooper, Park ve Yu, 1999: 597-607; Oruç, 2008: 69-71):

1. Adım: Ölçek dönüşümü yapılması. Bu aşamada her bir veri, ilgili sütundaki maksimum değerli veriye bölünerek veriler için ölçek dönüşümü yapılır. Ölçek dönüşümü yapıldıktan sonra KVB_o için girdiye yönelik CCR modeli:

$$E_o = \max \sum_{r=1}^n u_r y_{ro}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^n v_i x_{io} = 1 \quad (2.52)$$

$$\sum_{r=1}^n u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$v_i, u_r \leq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, n \quad i = 1, 2, \dots, n$$

2. Adım: Doğrusal olmayan VZA modelinin doğrusal olan VZA modeline dönüştürülmesi. Bazı girdi ve çıktı miktarları ve çıktılara verilecek ağırlıklar bilinmediğinden doğrusal olmayan VZA modeli $Y_{rj} = u_r \hat{y}_{rj}$, $X_{ij} = v_i \hat{x}_{ij}$ tanımlaması ile değişken dönüşümü ile doğrusal VZA modeline çevrilir. Ölçek dönüşümü yapılmış olan veri setinde veri seti değişken dönüşümü yapılmış hali ile modele kısıt olarak yazılırsa KVB_o için girdiye yönelik CCR modeli:

$$E_o = \sum_{r=1}^n Y_{ro}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^n X_{io} = 1 \quad (2.53)$$

$$\sum_{r=1}^n Y_{rj} - \sum_{i=1}^n X_{ij} \leq 0$$

$$Y_{rj}, X_{ij} \geq 0 \quad \forall r, j, i.$$

2.3.3. Kao-Liu Modeli

Bulanık ortamda n tane KVB'nin girdi ve çıktı değişkenleri sırasıyla $\tilde{X}_{ij}, \tilde{Y}_{rj}$ üyelik fonksiyonları sırasıyla $\mu_{X_{ij}}, \mu_{Y_{rk}}$ olan bulanık kümelerler gösterilmektedir. Kesin değerli veriler kendi içerisinde yalnızca bir değer taşıyan dejenere üyelik fonksiyonları tarafından temsil edildiğinden dolayı bütün gözlemlerin bulanık olduğu varsayılır. Dolayısıyla bulanık VZA modeli şu şekilde formüle edilebilir (Kao ve Liu, 2000: 427-437; Çakır, 2015: 66-71):

$$\tilde{E}_r = \max \frac{\sum_{k=1}^t u_k \tilde{Y}_{rk}}{\sum_{j=1}^s v_j \tilde{X}_{rj}}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{k=1}^t u_k \tilde{Y}_{ik} / \sum_{j=1}^s v_j \tilde{X}_{ij} \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (2.54)$$

$$u_k, v_j \geq \varepsilon > 0$$

\tilde{X}_{ij} ve Y_{rj} 'nin destek kümeleri sırasıyla $S(\tilde{X}_{ij})$ ve $S(Y_{rj})$ gösterilmektedir ve \tilde{X}_{ij} ve Y_{rj} değişkenlerinin a – kesimleri aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$(X_{ij})_a = \{x_{ij} \in S(\tilde{X}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \geq a\}, \quad \forall i, j, \quad (2.55)$$

$$(Y_{ik})_a = \{y_{ik} \in S(\tilde{Y}_{ik}) \mid \mu_{\tilde{Y}_{ik}}(y_{ik}) \geq a\}, \quad \forall i, k. \quad (2.56)$$

$(X_{ij})_a$ ve $(Y_{ik})_a$ kesin kümelerdir. Girdi ve çıktı değişkenleri α – seviye kümeleri kullanılarak farklı güven aralıkları seviyeleri ile temsil edilirler. (2.57) ve (2.58) numaralı eşitliklerde gösterilen α – seviyeleri kesin aralıklardır ve aşağıdaki gibi gösterilebilirler.

$$(X_{ij})_a = \left[\min_{x_{lj}} \{x_{ij} \in S(\tilde{X}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \geq a\}, \max_{x_{uj}} \{x_{ij} \in S(\tilde{X}_{ij}) \mid \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \geq a\}, \right] \quad (2.57)$$

$$(Y_{ij})_a = \left[\min_{y_{lk}} \{y_{ik} \in S(\tilde{Y}_{ik}) \mid \mu_{\tilde{Y}_{ik}}(y_{ik}) \geq a\}, \max_{y_{uk}} \{y_{ik} \in S(\tilde{Y}_{ik}) \mid \mu_{\tilde{Y}_{ik}}(y_{ik}) \geq a\}, \right] \quad (2.58)$$

Zadeh'in genişleme ilkesi dayanarak KVB_r 'nin etkinliğinin üyelik fonksiyonu (2.59) numaralı eşitlikteki gibi tanımlanır.

$$\mu_{\tilde{E}_r}(z) = \sup_{x, y} \min \left\{ \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}), \mu_{\tilde{Y}_{ik}}(y_{ik}), \forall i, j, k \mid z = E_r(x, y) \right\}, \quad (2.59)$$

Burada üyelik fonksiyonu μ_{E_r} 'nin oluşturulması için α -kesimler yaklaşımı önerilmektedir. Bu durumda $\mu_{E_r}(z) = a$ 'nın sağlanabilmesi için $\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \geq a$, $\mu_{\tilde{Y}_{ik}}(y_{ik}) \geq a$ ve en az bir $\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \geq a$ veya $\mu_{\tilde{Y}_{ik}}(y_{ik}) \geq a$ 'nin a 'ya eşit olması gerekmektedir. $0 < a_2 < a_1 < 1$ için;

$$\left[(X_{ij})_{a_1}^L, (X_{ij})_{a_1}^U \right] \subseteq \left[(X_{ij})_{a_2}^L, (X_{ij})_{a_2}^U \right] \text{ ve } \left[(Y_{ik})_{a_1}^L, (Y_{ik})_{a_1}^U \right] \subseteq \left[(Y_{ik})_{a_2}^L, (Y_{ik})_{a_2}^U \right] \text{ elde edilir.}$$

$\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) \geq a$ ve $\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}) = a$, $\mu_{\tilde{Y}_{ik}}(y_{ik}) \geq a$ ve $\mu_{\tilde{Y}_{ik}}(y_{ik}) = a$, sırasıyla aynı tanım alanına sahiptir. Üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{E}_r}$ 'nin bulunması için $\mu_{\tilde{E}_r}$ 'nin α -kesiminin alt ve üst sınırlarının bulunması yeterlidir. Eşitlik (2.59) esas alınarak KVB_r 'nin α -kesiminin alt ve üst sınırları;

$$(E_r)_a^L = \min E_r(x, y)$$

Kısıtlar,

$$(X_{ij})_a^L \leq x_{ij} \leq (X_{ij})_a^U, \forall i, j \quad (2.60)$$

$$(Y_{ik})_a^L \leq y_{ik} \leq (Y_{ik})_a^U, \forall i, k$$

$$(E_r)_a^U = \max E_r(x, y)$$

Kısıtlar,

$$(X_{ij})_a^L \leq x_{ij} \leq (X_{ij})_a^U, \forall i, j \quad (2.61)$$

$$(Y_{ik})_a^L \leq y_{ik} \leq (Y_{ik})_a^U, \forall i, k$$

Şeklinde formüle edilmektedir. Bu eşitliklerin tam açılımları ise aşağıdaki gibidir.

$$(E_r)_a^L = \min_{\substack{(X_{ij})_a^L \leq x_{ij} \leq (X_{ij})_a^U \\ (Y_k)_a^L \leq y_k \leq (Y_k)_a^U \\ \forall i, j, k}} \left\{ \begin{array}{l} E_r = \max \sum_{k=1}^t u_k y_{rk} / \sum_{j=1}^s v_j x_{rj} \\ \sum_{k=1}^t u_k y_{ik} / \sum_{j=1}^s v_j x_{ij} \leq 1, \quad i = 1, \dots, n \\ u_k, v_j \geq \varepsilon \geq 0 \end{array} \right. \quad (2.62)$$

$$(E_r)_a^U = \max_{\substack{(X_{ij})_a^L \leq x_{ij} \leq (X_{ij})_a^U \\ (Y_k)_a^L \leq y_k \leq (Y_k)_a^U \\ \forall i, j, k}} \left\{ \begin{array}{l} E_r = \max \sum_{k=1}^t u_k y_{rk} / \sum_{j=1}^s v_j x_{rj} \\ \sum_{k=1}^t u_k y_{ik} / \sum_{j=1}^s v_j x_{ij} \leq 1, \quad i = 1, \dots, n \\ u_k, v_j \geq \varepsilon \geq 0 \end{array} \right. \quad (2.63)$$

Yukarıdaki iki seviyeli matematiksek model tek seviyeli modele indirgenir. Her bir KVB'in girdi ve çıktı değişkenleri değişiklik gösterdiğinde her bir KVB diğer KVB'ler ile kıyaslanır. Herhangi bir KVB'nin en küçük etkinliğini bulmak için; bu KVB'nin çıktı değişkeni ve diğer KVB'lerin girdi değişkenlerinin en küçük değerleri ve bu KVB'nin girdi değişkenleri ve diğer KVB'lerin çıktı değişkenlerinin en yüksek değerleri alınarak bu işlem gerçekleştirilir. Herhangi bir KVB'nin en küçük etkinliğini bulmak için; bu KVB'nin çıktı değişkeni ve diğer KVB'lerin girdi değişkenlerinin en yüksek değerleri ve bu KVB'nin girdi değişkenleri ve diğer KVB'lerin çıktı değişkenlerinin en düşük değerleri alınarak bu işlem gerçekleştirilir. Bu duruma bağlı olarak iki aşamalı model aşağıdaki gibi tek aşamalı modele dönüştürülmektedir:

Etkinliği hesaplanacak olan KVB_r 'nin alt sınırı,

$$(E_r)_a^L = \max \sum_{k=1}^t u_k (Y_{rk})_a^L / \sum_{j=1}^s v_j (X_{rj})_a^U$$

Kısıtlar,

$$\sum_{k=1}^t u_k (Y_{rk})_a^L / \sum_{j=1}^s v_j (X_{rj})_a^U \leq 1 \quad (2.64)$$

$$\sum_{k=1}^t u_k (Y_{ik})_a^U / \sum_{j=1}^s v_j (X_{ij})_a^L \leq 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad i \neq r$$

$$u_k, v_j \geq \varepsilon \geq 0$$

Etkinliği hesaplanacak olan KVB_r 'nin üst sınırı,

$$(E_r)_a^U = \max \sum_{k=1}^t u_k (Y_{rk})_a^U / \sum_{j=1}^s v_j (X_{rj})_a^L$$

Kısıtlar,

$$\sum_{k=1}^t u_k (Y_{rk})_a^U / \sum_{j=1}^s v_j (X_{rj})_a^L \leq 1 \quad (2.65)$$

$$\sum_{k=1}^t u_k (Y_{ik})_a^L / \sum_{j=1}^s v_j (X_{ij})_a^U \leq 1, \quad i = 1, \dots, n, \quad i \neq r$$

$$u_k, v_j \geq \varepsilon \geq 0$$

2.3.4. Guo-Tanaka Modeli

Sınırlandırılmış ve kesin veriler için Guo ve Tanaka (2001) tarafından geliştirilen model dört adımlıdır. Bulanık CCR modelini temel alan modelde karar birimlerinin bulanık girdi ve çıktı verileri simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahiptir. KVB_r için girdi yönlü bulanık CCR modeli aşağıdaki gibidir (Guo ve Tanaka, 2001: 150-151; Oruç, 2008: 89):

$$\tilde{E}_t = \max \sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rt}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{it} \approx \tilde{I} \quad (2.66)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rj} \approx \leq \sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$v_i, u_r \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Bu şekilde kısıtlardaki eşitsizlikler ve \tilde{I} sayısı bulanıklaştırılarak tanımlanmıştır. Guo-Tanaka modelinin çözümünde izlenen dört adım aşağıda verildiği gibidir (Guo ve Tanaka, 2001: 149-160; Oruç, 2008: 89-94):

Adım 1: Alt ve üst sınırların belirlenmesi. Bulanık girdi verileri, çıktı verileri ve \tilde{I} sayısının a – kesim kümeleri oluşturularak alt ve üst sınırlar belirlenmektedir.

Simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahip girdi için $\tilde{X}_{ij} = (x_{ij}^M - w_{ij}, x_{ij}^M, x_{ij}^M + w_{ij})$, çıktı için $\tilde{Y}_{rj} = (y_{rj}^M - q_{rj}, y_{rj}^M, y_{rj}^M + q_{rj})$ ve \tilde{I} sayısı için $\tilde{I} = (1 - \Phi, 1, 1 + \Phi)$ 'in alt ve üst sınırlarının a cinsinden ifadesi aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\tilde{X}_{ij} = [x_{ij}^M - (1-a)w_{ij}, x_{ij}^M, x_{ij}^M + (1-a)w_{ij}] \quad (2.67)$$

$$\tilde{Y}_{rj} = [y_{rj}^M - (1-a)q_{rj}, y_{rj}^M, y_{rj}^M + (1-a)q_{rj}] \quad (2.68)$$

$$\tilde{I} = [1 - (1-a)\Phi, 1, 1 + (1-a)\Phi] \quad (2.69)$$

Burada, $w_{ij} \leq x_{ij}^M$, $q_{rj} \leq y_{rj}^M$, $\Phi \leq 1$ 'dir.

Yukarıdaki duruma bağlı olarak, sınır değerleri cinsinden KVB_t için girdi yönlü CCR modeli aşağıdaki gibidir:

$$(E_t)a = \max \sum_{r=1}^s u_r [y_{rt}^M - (1-a)q_{rt}, y_{rt}^M + (1-a)q_{rt}]$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i [x_{it}^M - (1-a)w_{it}, x_{it}^M + (1-a)w_{it}] \approx [1 - (1-a)\Phi, 1 + (1-a)\Phi] \quad (2.70)$$

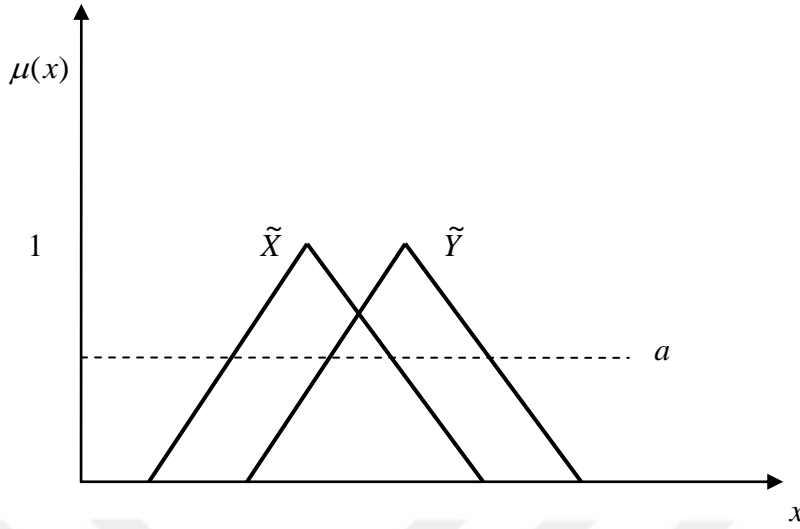
$$\sum_{r=1}^s u_r [y_{rj}^M - (1-a)q_{rj}, y_{rj}^M + (1-a)q_{rj}] \approx \sum_{i=1}^m v_i [x_{ij}^M - (1-a)w_{ij}, x_{ij}^M + (1-a)w_{ij}]$$

$$v_i, u_r \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Adım 2: Bulanık eşitsizliklerin kesin eşitlik haline getirilmesi. Bulanık iki sayı arasında:

$[\tilde{X}_{ij} = (x_{ij}^M - w_{ij}, x_{ij}^M, x_{ij}^M + w_{ij})] \approx \leq [\tilde{Y}_{rj}^M = (y_{rj}^M - q_{rj}, y_{rj}^M, y_{rj}^M + q_{rj})]$ ilişkisi bulunuyor ise, Şekil 11'de görüleceği gibi bulanık sayıların α -kesimleri ile ilgili olan aşağıdaki ilişkide bulunmaktadır.

$$[x_{ij}^M - (1-a)w_{ij}] \leq [y_{rj}^M - (1-a)q_{rj}] \text{ ve } [x_{ij}^M + (1-a)w_{ij}] \leq [y_{rj}^M + (1-a)q_{rj}] \quad (2.71)$$



Şekil 11. $\tilde{X} \approx \tilde{Y}$ Bulanık Eşitsizliğin Açıklanması
Kaynak: Guo ve Tanaka, 2001: 152

Bu ilişkiden yararlanılarak girdi yönlü CCR modelindeki 2. Kısıtta bulunan bulanık eşitsizlik:

$$\begin{aligned} u_r [y_{rj}^M - (1-a)q_{rj}] &\leq v_i [x_{ij}^M - (1-a)w_{ij}] & j = 1, 2, \dots, n \\ u_r [y_{rj}^M + (1-a)q_{rj}] &\leq v_i [x_{ij}^M + (1-a)w_{ij}] & j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2.72)$$

Şeklinde yazılarak eşitlik haline dönüştürülebilir.

Bütün VZA modellerinde; modele incelenen KVB_t için $\sum_{i=1}^m v_i x_{it} = 1$ kısıtının

eklenmesiyle kesirsel doğrusal programa modeli doğrusal programlama modeline dönüştürülmekte ve girdilere verilen ağırlıklar v_i bulunmaktadır. Ancak bulanık

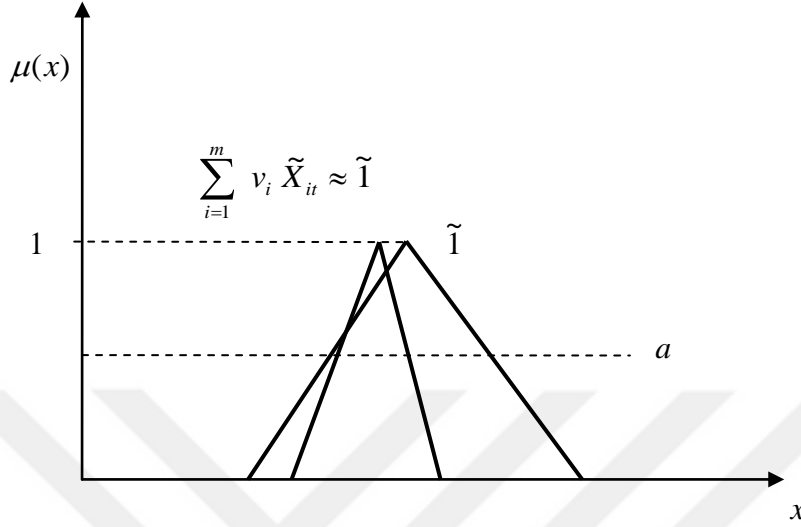
modelde $\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{it} \approx \tilde{I}$ kısıtı ile v_i 'nin bulunması ve modelin çözülmesi mümkün

değildir. Bu duruma bağlı olarak simetrik üçgen üyelik fonksiyonuna sahip \tilde{I} sayısının üyelik fonksiyonunda bulunan Φ değeri için

$$\Phi = \max_{j=1, \dots, n} \left[\max_{i=1, \dots, m} (w_{ij} / x_{ij}^M) \right]$$

tanımlaması ile Şekil 12'de gösterilen \tilde{X}_{it} ve \tilde{I} sayılarının herhangi bir a -kesiminde üyelik fonksiyonlarının sol son noktaları üst

üste geldiğinde, \tilde{X}_{it} sayısının sağ noktasının \tilde{I} sayısının sağ noktasına mümkün olduğunca yaklaşması sağlanır.



Şekil. 12. $\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{it} \approx \tilde{I}$ Kısıtının Açıklanması

Kaynak: Guo ve Tanaka, 2001: 153

Böylelikle $\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{it} \approx \tilde{I}$ kısıtı aşağıda verilen optimizasyon problemine dönüştürülerek girdilere verilmesi gereken ağırlıklar hesaplanabilir.

$$g_t = \max \sum_i^m v_i w_{it}$$

Kısıtlar,

$$v_i [x_{it}^M - (1-a)w_{it}] = [1 - (1-a)\Phi] \quad (2.73)$$

$$v_i [x_{it}^M + (1-a)w_{it}] \leq [1 + (1-a)\Phi]$$

$$\Phi = \max_{j=1, \dots, n} \left[\max_{i=1, \dots, m} (w_{ij} / x_{ij}^M) \right]$$

$$v_i \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Adım 3: Amaç fonksiyonu ve çıktılara verilecek ağırlıkların belirlenmesi. Bulanık çıktı verileri hala alt ve üst sınır değerleri olarak bilinmek ve amaç fonksiyonu

$\max \sum_r^s u_r [y_{rt}^M - (1-a)q_{rt}, y_{rt}^M + (1-a)q_{rt}]$ olarak tanımlanmaktadır. Amaç fonksiyonunun maksimize edilebilmesi için $[y_{rt}^M - (1-a)q_{rt}]$ ve $[y_{rt}^M + (1-a)q_{rt}]$ değerlerinin her ikisinin de maksimize edilmesi gerekmektedir.

Burada bulanık sayının sağ ve sol tarafları için verilecek ağırlıklar için $\sigma_1 + \sigma_2 = 1$ tanımlamasıyla $\sigma_1 [y_{rt}^M - (1-a)q_{rt}] + [y_{rt}^M + (1-a)q_{rt}]$ bulanık çıktı verisi kesinleştirilebilir. Etkinlik değeri hesaplanacak KVB_t için girdi yönlü CCR modeli aşağıdaki gibidir:

$$(E_t)_a = \max \sum_r^s u_r [y_{rt}^M - (1-a)q_{rt}]$$

Kısıtlar,

$$v_i w_{it} \geq g_t \quad (2.74)$$

$$v_i [x_{it}^M - (1-a)w_{it}] = [1 - (1-a)\Phi]$$

$$v_i [x_{it}^M + (1-a)w_{it}] \leq [1 + (1-a)\Phi]$$

$$u_r [y_{rt}^M - (1-a)q_{rt}] \leq v_i [x_{ij}^M - (1-a)w_{ij}] \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r [y_{rt}^M + (1-a)q_{rt}] \leq v_i [x_{ij}^M + (1-a)w_{ij}] \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\Phi = \max_{j=1, \dots, n} \left[\max_{i=1, \dots, m} (w_{ij} / x_{ij}^M) \right]$$

$$v_i \geq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Yukarıdaki son modelde $v_i w_{it} \geq g_t$ kısıtına 1. modelden elde edilen v_i 'lerin son modele aynı değer ile yansıtılması için yer verilmiştir.

Adım 4: Etkinliğin hesaplanması. Adım 3'teki modelin çözümü ile elde edilen v_i, u_r ağırlıklar değerlerinden yararlanılarak etkinlik değerleri hesaplanmaktadır.

Tanım: Simetrik üçgen üyelik fonksiyonu ile tanımlanan, girdi ve çıktı verileri bulunan KVB'ler için hesaplanan etkinlik değeri bulanık sayı olacaktır. Bu bulanık sayı üçgen üyelik fonksiyonuna sahiptir. Adım 3'teki modelin çözümü ile elde edilen girdi ve çıktı verileri için ağırlık değerleri sırası ile v_i^* ve u_r^* , etkinlik değeri $E = (\eta - (1-a)\kappa, \eta, \eta + \tau(1-a))$ ile gösterildiğinde aşağıdaki denklemler yapılabilir:

$$\eta = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{rt}^M}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{it}^M} \quad (2.75)$$

$$\kappa = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* (y_{rt}^M - (1-a)q_{it})}{\sum_{i=1}^m v_i^* (x_{it}^M - (1-a)w_{it})} \quad (2.76)$$

$$\tau = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* (y_{rt}^M + (1-a)q_{it})}{\sum_{i=1}^m v_i^* (x_{it}^M + (1-a)w_{it})} - \eta \quad (2.77)$$

Guo ve Tanaka tarafından geliştirilen bulanık VZA modelinde etkinlik değerinin üst sınırı $v_i [x_{it}^M - (1-a)w_{it}] = [1 - (1-a)\Phi]$ ve $v_i [x_{it}^M + (1-a)w_{it}] \leq [1 + (1-a)\Phi]$ kısıtlarından ötürü 1'den büyük olabilmektedir. Bu modelde, ele alınan KVB*t* için $\eta + \kappa \geq 1$ ise etkin $\eta + \kappa \leq 1$ ise etkin değildir.

2.3.5. Despotis-Smirlis Modeli

Despotis ve Smirlis (2002) sınırlandırılmış, kesin ve sıralı veriler için uygulanabilen bir model önermişlerdir. Önerilen modelde ilk olarak aşağıdaki CCR VZA modeli eşdeğer doğrusal bir programa dönüştürülmektedir (Despotis ve Smirlis, 2002: 24-36; Oruç, 2008: 62-63):

$$(E_o) = \sum_{r=1}^s u_r y_{ro}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 \quad (2.78)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall_{r,i}$$

Daha sonra x_{ij} ve y_{rj} değişkenleri için aşağıdaki dönüşümler yapılır.

$$x_{ij} = x_{ij}^L + s_{ij} (x_{ij}^U - x_{ij}^L), \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \quad 0 \leq s_{ij} \leq 1, \quad (2.79)$$

$$y_{rj} = y_{rj}^L + t_{rj} (y_{rj}^U - y_{rj}^L), \quad r = 1, \dots, s; \quad j = 1, \dots, n \quad 0 \leq t_{rj} \leq 1, \quad (2.80)$$

Yukarıdaki dönüşümler sonucunda girdi ve çıktı değişkenleri için sınırlandırılmış $[X_{ij}^L, X_{ij}^U]$ ve $[Y_{rj}^L, Y_{rj}^U]$ elde edilir. Önerilen modele göre sınırlandırılmış, kesin girdi ve çıktı verileri bulunan KVB_o için etkinlik skorlarının üst ve alt sınırları sırasıyla aşağıdaki eşitliklerdeki gibi hesaplanmaktadır. Etkinlik değerinin üst sınırı:

$$(E_o)^U = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rjo}^U$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ijo}^L = 1 \quad (2.81)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rjo}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ijo}^L \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U \leq 0, \quad j = 1, \dots, n; \quad j \neq j_o$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall_{r,i}$$

Etkinlik değerinin alt sınırı:

$$(E_o)^L = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rjo}^L$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ijo}^U = 1 \quad (2.82)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rjo}^L - \sum_{i=1}^m v_i x_{ijo}^U \leq 0$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0, \quad j = 1, \dots, n; \quad j \neq j_o$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall_{r,i}$$

2.3.6. Saati-Memariani-Jahanshahloo Modeli

Saati, Memariani ve Jahanshahloo (2002) bulanık girdi ve çıktıların üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olduğu veriler için iki aşamalı bir model geliştirmişlerdir. KVB z için kullanılan bulanık çıktılar $\tilde{y}_{rj} = (y_{rj}^m, y_{rj}^l, y_{rj}^u)$ ve bulanık girdiler $\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^m, x_{ij}^l, x_{ij}^u)$ olarak ifade edildiğinde bulanık CCR modeli (2.83) numaralı eşitlikteki gibi kurulmaktadır (Saati, Memariani ve Jahanshahloo, 2002: 255-267; Çakır, 2015: 75-79):

$$E_z = \max \sum_{r=1}^s u_r (y_{rz}^m, y_{rz}^l, y_{rz}^u)$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i (x_{iz}^m, x_{iz}^l, x_{iz}^u) = (1, 1^l, 1^u) \quad i = 1, \dots, m \quad (2.83)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r (y_{rj}^m, y_{rj}^l, y_{rj}^u) - \sum_{i=1}^m v_i (x_{ij}^m, x_{ij}^l, x_{ij}^u) \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall_{r,i}$$

Burada $1^l \leq 1$ ve $1^u \geq 1$ gerçek sayılardır. (2.83) numaralı eşitlikteki model bir olabirsel doğrusal programlama modelidir. Bunu çözmek için bir çok yöntem vardır. Olasılıksal programlama probleminin α -kesme yöntemiyle çözülmesindeki

bu yöntemlerin çoğunda kısıtlamaların her iki yanındaki aralıkların birbirleriyle karşılaştırılması gerekmektedir. Saati, Memariani ve Jahnshahloo tarafında önerilen yöntemde aralıkların karşılaştırılması yerine değişkenler aralıklarda tanımlanmakta ve amaç fonksiyonu maksimize edilmektedir. Amaç fonksiyonuna ve kısıtlamalara α –kesimler uygulanarak KVB z için aşağıdaki model elde edilir:

$$E_z = \max \sum_{r=1}^s u_r \left[ay_{rz}^m + (1-a)y_{rz}^l, ay_{rz}^m + (1-a)y_{rz}^u \right]$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i \left[ax_{iz}^m + (1-a)x_{iz}^l, ax_{iz}^m + (1-a)x_{iz}^u \right] = \left[a + (1-a)l^l, a + (1-a)l^u \right] \forall i \quad (2.84)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r \left[ay_{rj}^m + (1-a)y_{rj}^l, ay_{rj}^m + (1-a)y_{rj}^u \right] - \sum_{i=1}^m v_i \left[ax_{ij}^m + (1-a)x_{ij}^l, ax_{ij}^m + (1-a)x_{ij}^u \right] \leq 0, \quad \forall j$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall i, r$$

(2.84) numaralı eşitlik bir aralık programlama problemidir ve bazı dönüşümler yapılmadan standart yöntemler ile çözülememektedir. Burada sadece bazı kısıtları karşılamakla kalmayıp aynı zamanda amaç fonksiyonunu maksimize eden bir değişken tanımlanmaktadır. Bu değişkeninin iki aşamalı olarak tanımlandığı algoritma aşağıdaki gibidir.

Aşama 1: Aralık dönüşümü. Aralık değişimleri aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

$$\hat{x}_{ij} \in \left[ax_{ij}^m + (1-a)x_{ij}^l, ax_{ij}^m + (1-a)x_{ij}^u \right]$$

$$\hat{y}_{rj} \in \left[ay_{rj}^m + (1-a)y_{rj}^l, ay_{rj}^m + (1-a)y_{rj}^u \right] \quad (2.85)$$

$$L \in \left[a + (1-a)l^l, a + (1-a)l^u \right]$$

Yapılan yer değiştirmeler sonucunda (2.84) numaralı model aşağıdaki formu almaktadır.

$$E_z = \max \sum_{r=1}^s u_r \hat{y}_{rz}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i \hat{x}_{iz} = L \quad (2.86)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r \hat{y}_{rz} - \sum_{i=1}^m v_i \hat{x}_{ij} \leq 0 \quad \forall j$$

$$ax_{ij}^m + (1-a)x_{ij}^l \leq \hat{x}_{ij} \leq ax_{ij}^m + (1-a)x_{ij}^u \quad \forall i, j$$

$$ay_{rj}^m + (1-a)y_{rj}^l \leq \hat{y}_{rj} \leq ay_{rj}^m + (1-a)y_{rj}^u \quad \forall i, j$$

$$a + (1-a)l^l \leq L \leq a + (1-a)l^u$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall i, r$$

Aşama 2: Değişken değişimi. (2.86) numaralı model doğrusal olmayan bir programlama modelidir. Bu modeli lineer hale getirmek için aşağıdaki değişimler yapılmaktadır.

$$\bar{x}_{ij} = v_i \hat{x}_{ij} \quad \text{ve} \quad \bar{y}_{rj} = u_r \hat{y}_{rj} \quad (2.87)$$

Bu değişimlerle birlikte (2.86) numaralı model aşağıdaki gibi doğrusal bir problem haline gelmektedir.

$$E_z = \max \sum_{r=1}^s \bar{y}_{rz}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m \bar{x}_{iz} = L \quad (2.88)$$

$$\sum_{r=1}^s \bar{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij} \leq 0 \quad \forall j$$

$$v_i (ax_{ij}^m + (1-a)x_{ij}^l) \leq \bar{x}_{ij} \leq v_i (ax_{ij}^m + (1-a)x_{ij}^u) \quad \forall i, j$$

$$u_r (ay_{rj}^m + (1-a)y_{rj}^l) \leq \bar{y}_{rj} \leq u_r (ay_{rj}^m + (1-a)y_{rj}^u) \quad \forall i, j$$

$$a + (1-a)l^l \leq L \leq a + (1-a)l^u$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall i, r$$

Fakat (2.88) numaralı modelin ilk iki kısıtı birlikte ele alındığında ($l^u > 1$) olduğunda bazı KVB'lerin etkinliği 1'den büyük olabilecektir. Bu durumu önlemek için (2.88) numaralı modelin son kısıtı aşağı verilen (2.89) numaralı eşitlikle yer değiştirilmektedir.

$$a + (1-a)l^l \leq L \leq 1 \quad (2.89)$$

Amaç fonksiyonuna bağlı olarak (2.88) numaralı modelin son kısıtı gereksizdir ve $L = 1$ değerini almaktadır. Bu duruma bağlı olarak Saati, Memariani ve Jahshahloo tarafında önerilen modelin son hali (2.90) numaralı model aşağıdaki eşitlikteki gibidir.

$$E_z = \max \sum_{r=1}^s \bar{y}_{rz}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m \bar{x}_{iz} = 1 \quad (2.90)$$

$$\sum_{r=1}^s \bar{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij} \leq 0 \quad \forall j$$

$$v_i (ax_{ij}^m + (1-a)x_{ij}^l) \leq \bar{x}_{ij} \leq v_i (ax_{ij}^m + (1-a)x_{ij}^u) \quad \forall i, j$$

$$u_r (ay_{rj}^m + (1-a)y_{rj}^l) \leq \bar{y}_{rj} \leq u_r (ay_{rj}^m + (1-a)y_{rj}^u) \quad \forall i, j$$

$$a + (1-a)l^l \leq L \leq a + (1-a)l^u$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall i, r$$

(2.90) numaralı model $\alpha \in (0,1]$ parametre iken, bir parametrik programlamaya eşdeğerdir. Böylece (2.83) numaralı model ile verilen bulanık doğrusal programlama

problemi bir parametrik doğrusal programlama problemine eş değer olabilir. Farklı α –kesim değerleri için optimum çözümler vardır. Ayrıca bu modelin çözümü sonucu elde edilen etkinlik skoru Kao-Liu bulanık VZA modelindeki üst sınır etkinlik skoru ile aynı sonucu vermektedir.

2.3.7. Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle Modeli

Sınırlandırılmış ve kesin veriler için geliştirilmiş olan modelde Zadeh'in olabilirlik teorisi kullanılmıştır. Zadeh olasılık teorisinde bulanık değişken olabilirlik dağılımı ile rastgele değişkenlerin olasılık dağılımı ile ifade edildiği gibi ifade edilebilmektedir. Bulanık doğrusal programlama modellerinde her bir bulanık katsayı bulanık bir değişken olarak, her bir bulanık kısıt ise bulanık bir olay olarak ele alınabilir. Bundan dolayı olabilirlik teorisi ile bulanık kısıtların olabilirliğine karar vermek mümkündür (Lertworasirikul vd., 2003a: 384; Oruç, 2008: 85).

Bulanık olayların olabilirliği kullanılarak KVB o için girdiye yönelik bulanık CCR modeli aşağıdaki gösterildiği gibidir (Lertworasirikul vd., 2003a: 379-394; Çakır, 2015: 88-92):

$$(\tilde{E}_o) = \max_{u,v,\tilde{f}} \bar{f}$$

Kısıtlar,

$$\pi \left(\sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{ro} \geq \bar{f} \right) \geq \beta \quad (2.91)$$

$$\pi \left(\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{io} = 1 \right) \geq \alpha_o$$

$$\pi \left(\sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ij} \leq 0 \right) \geq \alpha_j \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, \dots, s \quad i = 1, \dots, m$$

Burada β , $\alpha_0 \in [0, 1]$, $\alpha_j \in [0, 1]$ sırasıyla 1., 2. ve 3. kısıtın olabilirlik düzeylerini, π olabilirlik ölçümünü ve \bar{f} ise, β olabilirliğinde KVB_0 için çıktı yönlü etkinlik skorunu göstermektedir.

Lertworasirikul ve arkadaşları (2003a) tarafından yapılan önerme 3.1: a_1, a_2, \dots, a_n sayıları normal ve konveks üyelik fonksiyonuna sahip bulanık sayılar olsun. $(\tilde{a})_{ai}^L$ ve $(\tilde{a})_{ai}^U$ sırasıyla $a_i, i = 1, \dots, n$ 'in α –kesimlerinin alt ve üst sınırlarını gösterdiği zaman $\alpha_0 \in [0, 1]$ aralığından herhangi bir olabilirlik seviyesi için;

$$(1) \pi(\tilde{a}_1 + \dots + \tilde{a}_n \leq b) \geq a_1 \text{ eşitliği ancak ve ancak}$$

$$(\tilde{a}_1)_{a_1}^L + \dots + (\tilde{a}_n)_{a_1}^L \leq b, \text{ koşulu}$$

$$(2) \pi(\tilde{a}_1 + \dots + \tilde{a}_n \geq b) \geq a_2 \text{ eşitliği ancak ve ancak}$$

$$(\tilde{a}_1)_{a_2}^L + \dots + (\tilde{a}_n)_{a_2}^L \leq b, \text{ koşulu}$$

$$(3) \pi(\tilde{a}_1 + \dots + \tilde{a}_n = b) \geq a_3 \text{ eşitliği ancak ve ancak}$$

$$(\tilde{a}_1)_{a_3}^L + \dots + (\tilde{a}_n)_{a_3}^L \leq b, \text{ koşullarının sağlanması ile gerçekleşir.}$$

Buna bağlı olarak, bulanık girdi ve çıktıların normal ve konveks sayılar olduğu göz önüne alındığında KVB_0 için model aşağıdaki olabirliksel VZA modeline (*PCCR*) dönüşmektedir.

PCCR Modeli

$$(\tilde{E}_o) = \max_{u,v,f} \bar{f}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{r=1}^s (u_r \tilde{y}_{ro})_{\beta}^U \geq \bar{f}$$

$$\sum_{i=1}^m (v_i \tilde{x}_{io})_{\alpha_0}^U \geq 1 \tag{2.92}$$

$$\sum_{i=1}^m (v_i \tilde{x}_{io})_{\alpha_o}^L \leq 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_a^L - \sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_a^L \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\beta, \alpha_o, \alpha \in [0, 1]$$

Modeldeki bulanık parametrelerin üyelik işlevlerine bağlı olarak, *PCCR* modeli doğrusal bir programlama modeli veya doğrusal olmayan bir programlama modeli biçiminde olabilir. $\tilde{r}_i = ((\tilde{r}_i)_0^L, (\tilde{r}_i)_1^L, (\tilde{r}_i)_1^U, (\tilde{r}_i)_0^U)$, olan yamuk bir bulanık sayı için önerme 3.1 referans alındığında herhangi bir olabilirlik düzeyi ($\alpha, 0 \leq \alpha \leq 1$) için;

$$\pi(\tilde{r}_1 + \dots + \tilde{r}_n \leq b) \geq \alpha, \text{ eşitliği ancak ve ancak}$$

$$(1 - \alpha)[(\tilde{r}_1)_0^L + \dots + (\tilde{r}_n)_0^L] + \alpha[(\tilde{r}_1)_1^L + \dots + (\tilde{r}_n)_1^L] \leq b, \text{ koşulu}$$

$$\pi(\tilde{r}_1 + \dots + \tilde{r}_n \geq b) \geq \alpha, \text{ eşitliği ancak ve ancak}$$

$$(1 - \alpha)[(\tilde{r}_1)_0^U + \dots + (\tilde{r}_n)_0^U] + \alpha[(\tilde{r}_1)_1^U + \dots + (\tilde{r}_n)_1^U] \geq b, \text{ koşulu}$$

$$\pi(\tilde{r}_1 + \dots + \tilde{r}_n = b) \geq \alpha, \text{ eşitliği ancak ve ancak}$$

$$(1 - \alpha)[(\tilde{r}_1)_0^L + \dots + (\tilde{r}_n)_0^L] + \alpha[(\tilde{r}_1)_1^L + \dots + (\tilde{r}_n)_1^L] \leq b \text{ ve}$$

$$(1 - \alpha)[(\tilde{r}_1)_0^U + \dots + (\tilde{r}_n)_0^U] + \alpha[(\tilde{r}_1)_1^U + \dots + (\tilde{r}_n)_1^U] \geq b,$$

koşulları sağlandığında gerçekleşir. Böylelikle, girdi ve çıktılar yamuk bulanık sayılar ile ifade edildiği zaman KVB_0 için *PCCR* modeli standart programlar ile çözülebilen aşağıdaki doğrusal programlama modeline dönüşür.

$$(\tilde{E}_o) = \max_{u,v,f} \bar{f}$$

Kısıtlar,

$$(1 - \beta) \sum_{r=1}^s (u_r \tilde{y}_{ro})_0^U + \beta \sum_{r=1}^s (u_r \tilde{y}_{ro})_1^U \geq \tilde{f}$$

$$(1 - \alpha_0) \sum_i^m (v_i \tilde{x}_{io})_0^U + \alpha \sum_{i=1}^m (v_i \tilde{x}_{io})_1^U \geq 1 \quad (2.93)$$

$$(1 - \alpha_0) \sum_i^m (v_i \tilde{x}_{io})_0^L + \alpha \sum_{i=1}^m (v_i \tilde{x}_{io})_1^L \leq 1$$

$$(1 - \alpha) \left[\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_0^L - \sum_{r=1}^s u_r (\tilde{X})_0^L \right] + \alpha \left[\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_1^L - \sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_1^L \right] \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\beta, \alpha_o, \alpha \in [0, 1]$$

Lertworasirikul ve diğerleri (2003b) çalışmalarında bulanık *BCC* modelleri için yukarıdaki olabilirlik ve güvenilirlik yaklaşımlarını geliştirmişlerdir. Yapılan çalışmada, primal ve dual bulanık *BCC* modellerine *CCP* ve bulanık kısıtların olabilirliği yaklaşımlarının uygulanması sonucunda olabilirliksel *BCC* modelleri (*PBCC*) elde edilmiştir. (*PBCC_p*) ve (*PBCC_D*) modellerinin bulanık girdileri ve bulanık çıktıların normal ve konveks olduğu göz önüne alındığında; girdiye yönelik *PBCC* modelinin primal modeli aşağıda gösterildiği gibidir (Lertworasirikul vd., 2003b: 337-358; Çakır, 2015:92-94):

(*PBCC_p*) Modeli

$$(\tilde{E}_o) = \max_{u, v, \mu_o, \bar{f}} \bar{f}$$

Kısıtlar,

$$\sum_{r=1}^s (u_r \tilde{y}_{ro})_\beta^U - \mu_o \geq \bar{f}$$

$$\sum_{i=1}^m (v_i \tilde{x}_{io})_{\alpha_o}^U \geq 1 \quad (2.94)$$

$$\sum_{i=1}^m (v_i \tilde{x}_{io})_{\alpha_o}^L \leq 1$$

$$\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_\alpha^L - \sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_\alpha^L - \mu_o \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\beta, \alpha_o, \alpha \in [0, 1]$$

Olabilirlik yaklaşımına göre bulanık BCC modelinin girdiye yönelik dual modeli ise aşağıdaki gibidir.

($PBCC_D$) Modeli

$$(\tilde{E}_o) = \min_{\lambda, \theta} \theta$$

Kısıtlar,

$$\left(\theta x_{io} - \sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{X}_{ij} \right)_{\bar{\alpha}_1} \geq 0 \quad \forall_i \quad (2.95)$$

$$\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{Y}_{rj} - \tilde{y}_{ro} \right)_{\bar{\alpha}_2} \geq 0 \quad \forall_r$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall_j$$

Karar verme birimlerinin etkinliklerinin mantıklı bir şekilde karşılaştırılabilmesi için ($PBCC_P$) ve ($PBCC_D$) modellerinin kısıtlarının $\beta = \alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n, \bar{\alpha}_1, \dots, \bar{\alpha}_{m+r}$ olabilirlik seviyeleri KVB'ler ile aynı seviyede olması gerekmektedir. $\beta = \alpha_0 = \alpha_1 = \dots = \alpha_n = \bar{\alpha}_1 = \dots = \bar{\alpha}_{m+r} = \alpha$ olduğunda ($PBCC_P$) ve ($PBCC_D$) modellerinin objektif değerleri ele alınan KVB'nin diğer KVB'lere göre etkinliklerinin sırasıyla maksimum ve minimum değerlerini verecektir.

2.3.8. Leon-Liern-Ruiz-Sirvent Modeli

Leon ve diğerleri (2003) bulanık girdi ve bulanık çıktı verilerinin yamuk üyelik fonksiyonuna sahip olduğu sınırlandırılmış veriler için bir model geliştirmişlerdir.

KVB o için girdi yönlü dual CCR modeli aşağıdaki gibidir (Leon vd., 2003: 407-419; Oruç, 2008: 94-95):

$$(\tilde{E}_o) = \min \theta$$

Kısıtlar,

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{x}_{ij} \approx < \theta_o \tilde{x}_{io} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.96)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \tilde{y}_{rj} > \approx \tilde{y}_{ro} \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Guo ve Tanaka modelinde ele alındığı gibi bulanık iki sayı arasında

$$\tilde{X}_{ij} = (x_{-ij}^M - t_{ij}, x_{-ij}^M, \bar{x}_{ij}^M, \bar{x}_{ij}^M + w_{ij}) \approx \leq \tilde{Y}_{rj} = (y_{-rj}^M - z_{rj}, y_{-rj}^M, \bar{y}_{rj}^M, \bar{y}_{rj}^M + q_{rj})$$
 ilişkisi

bulunuyor ise bulanık sayıların sınırları ile ilgili olarak,

$$(x_{-ij}^M - (1-a)t_{ij}) \leq (y_{-rj}^M - (1-a)z_{rj})$$

$$(\bar{x}_{ij}^M + (1-a)w_{ij}) \leq (\bar{y}_{rj}^M + (1-a)q_{rj})$$
 ilişkisi de bulunmaktadır.

Böylelikle, KVB o için girdi yönlü dual CCR modelinde bulunan bulanık eşitsizliklere yapılan dönüşüm sonucu model aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$(\tilde{E}_o)_\alpha = \min \theta$$

Kısıtlar,

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j (x_{-ij}^M - (1-a)t_{ij}) \leq \theta (x_{-io}^M - (1-a)t_{io}) \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j (\bar{x}_{ij}^M - (1-a)w_{ij}) \leq \theta (\bar{x}_{io}^M - (1-a)w_{io}) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.97)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j (y_j^M - (1-a)z_{rj}) \geq (y_{ro}^M - (1-a)z_{ro}) \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j (\bar{y}_{rj}^M + (1-a)q_{rj}) \geq (\bar{y}_{ro}^M + (1-a)q_{ro}) \quad r = 1, 2, \dots, s$$

Guo ve Tanaka modelinde olduğu gibi KVB_o için bulanık değişkenlerin toplamının 1'e eşit olma kısıtındaki 1 sayısı ve kısıtın bulanık eşitlik olarak alınması zorunluluğunu ortadan kaldırmıştır.

2.3.9. Saati-Memariani Modeli

Saati ve Memariani (2005) bulanık girdi ve çıktı verilerinin üçgen üyelik fonksiyonuna sahip olduğu, sınırlandırılmış ve kesin veriler için iki aşamadan oluşan bir model geliştirmişlerdir. VZA, her KVB'ye girdi ve çıktılarını ağırlıklandırmada esneklik tanıyarak, KVB'lerin etkinlik değerini maksimize edecek biçimde ağırlıklarını seçmesine olanak veren bir modeldir. Önerilen model, ağırlıklardaki bu esnekliğin kontrol edilebildiği ve bütün KVB'ler için aynı ağırlık kümesinin kullanıldığı bir bulanık VZA modelidir (Oruç, 2008: 77). Modelin adımları aşağıda verildiği gibidir (Saati ve Memariani, 2005: 611-622; Oruç, 2008: 77-80):

Adım 1: Ağırlıkların üst sınırlarının belirlenmesi. Bulanık girdi ve bulanık çıktı verilerinin ağırlıklarının üst sınırlarının tespit edilmesi amacıyla aşağıdaki modeller tanımlanır.

p.çıkıtının üst sınırı:

$$\max u_p$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ij} \leq \tilde{I} \quad \forall j \quad (2.98)$$

$$S_1 = (5.70, 7.33, 9.50) \otimes (1/90.97, 1/74.23, 1/59.90) = (0.06, 0.10, 0.16)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i$$

t.girdinin üst sınırı:

$$\max v_t$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ij} \leq \tilde{I} \quad \forall j \quad (2.99)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r \tilde{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \tilde{x}_{ij} \leq 0 \quad \forall j$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i$$

$m + s$ doğrusal programlama problemi çözülerek girdi ve çıktı ağırlıkları belirlenir. Bulanık sayılar içerisinde üçgen bulanık sayılar daha önemlidir. Modelde girdi ve çıktılar sırasıyla $\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^m, x_{ij}^\alpha, x_{ij}^\beta)$ ve $\tilde{y}_{rj} = (y_{rj}^m, y_{rj}^\alpha, y_{rj}^\beta)$ üçgen bulanık sayılar olarak ele alınmaktadır. Her bir karar verme birimi pozitif olan en az bir çıktıya sahiptir. $y_{rj}^m - y_{rj}^\alpha$ (iki taraflı bulanık sayı). Bundan dolayı p. çıktının üst sınırı aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$\max u_p$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i (x_{ij}^m, x_{ij}^\alpha, x_{ij}^\beta) \leq \tilde{I} \quad \forall j \quad (2.100)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r (y_{rj}^m, y_{rj}^\alpha, y_{rj}^\beta) - \sum_{i=1}^m v_i (x_{ij}^m, x_{ij}^\alpha, x_{ij}^\beta) \leq 0 \quad \forall j$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i$$

Yukarıdaki bulanık veriler için Saati, Memariani ve Jahanshahloo (2002) tarafından önerilen iki aşamalı model uygulanırsa, birinci aşamanın sonucunda aşağıdaki model elde edilmektedir.

$$\max u_p$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i \hat{x}_{ij} \leq 1 \quad \forall j$$

$$\sum_{r=1}^s u_r \hat{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \hat{x}_{ij} \leq 0 \quad \forall j \quad (2.101)$$

$$x_{ij}^m - (1-\gamma)x_{ij}^\alpha \leq \hat{x}_{ij} \leq x_{ij}^m + (1-\gamma)x_{ij}^\beta \quad \forall i, j$$

$$y_{rj}^m - (1-\gamma)y_{rj}^\alpha \leq \hat{y}_{rj} \leq y_{rj}^m + (1-\gamma)y_{rj}^\beta \quad \forall i, j$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i$$

Yukarıdaki model doğrusal olmayan bir programlama problemidir. İkinci aşamanın uygulanması sonucu aşağıdaki modele dönüşmektedir.

$$\max u_p$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij} \leq 1 \quad \forall j$$

$$\sum_{r=1}^s \bar{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij} \leq 0 \quad \forall j \quad (2.102)$$

$$v_i (x_{ij}^m - (1-\gamma)x_{ij}^\alpha) \leq \bar{x}_{ij} \leq v_i (x_{ij}^m + (1-\gamma)x_{ij}^\beta) \quad \forall i, j$$

$$u_r (y_{rj}^m - (1-\gamma)y_{rj}^\alpha) \leq \bar{y}_{rj} \leq u_r (y_{rj}^m + (1-\gamma)y_{rj}^\beta) \quad \forall i, j$$

$$\bar{x}_{ij}, \bar{y}_{rj} \geq 0 \quad \forall r, i, j$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad \forall r, i$$

Yukarıdaki model $\gamma \in [0, 1]$ iken parametrik doğrusal bir programlama modelidir. Benzer bir doğrusal programlama problemi t. girdinin üst sınırı içinde elde edilebilir.

Adım 2: Ortak ağırlık kümesinin belirlenmesi. Tüm karar verme birimleri arasındaki sınırlardan sapmanın aynı olduğu varsayılırsa, ortak ağırlık kümesini belirlemek için aşağıdaki model tanımlanabilir:

$$\max \phi$$

Kısıtlar,

$$\sum_{r=1}^s u_r \bar{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \bar{x}_{ij} \leq 0 \quad \forall j \quad (2.103)$$

$$U_r^l + \phi(U_r^u - U_r^l) \leq u_r \leq U_r^u - \phi(U_r^u - U_r^l) \quad \forall r$$

$$V_i^l + \phi(V_i^u - V_i^l) \leq v_i \leq V_i^u - \phi(V_i^u - V_i^l) \quad \forall i$$

p. girdinin üst sınırı ve t. çıktının üst sınırı modellerinin sonuçlarının uygulanması ve kriter ağırlıklarının alt sınırlarının sifira eşitlenmesi aşağıdaki model ile gerçekleştirilir.

$$\max \phi$$

Kısıtlar,

$$\sum_{r=1}^s u_r \bar{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \bar{x}_{ij} \leq 0 \quad \forall j \quad (2.104)$$

$$\phi U_r \leq u_r \leq (1 - \phi) U_r \quad \forall r$$

$$\phi V_i \leq v_i \leq (1 - \phi) V_i \quad \forall i$$

Burada U_r ($r = 1, 2, \dots, s$) ve V_i ($i = 1, 2, \dots, m$) sırasıyla p. girdinin üst sınırı ve t. çıktının üst sınırı modellerinin optimum değerleridir.

Benzer şekilde, yukarıdaki model üçgen bulanık veriler için Saati, Memariani ve Jahanshahloo (2002) tarafından önerilen model kullanılarak aşağıdaki gibi doğrusal bir programlama modeline dönüştürülebilir.

$$\max \phi$$

Kısıtlar,

$$\sum_{r=1}^s \bar{y}_{rj} - \sum_{i=1}^m \bar{x}_{ij} \leq 0 \quad \forall j \quad (2.105)$$

$$v_i(x_{ij}^m - (1-\gamma)x_{ij}^\alpha) \leq \bar{x}_{ij} \leq v_i(x_{ij}^m + (1-\gamma)x_{ij}^\beta) \quad \forall i, j$$

$$u_r(y_{rj}^m - (1-\gamma)y_{rj}^\alpha) \leq \bar{y}_{rj} \leq u_r(y_{rj}^m + (1-\gamma)y_{rj}^\beta) \quad \forall i, j$$

$$\phi U_r \leq u_r \leq (1-\phi)U_r \quad \forall r$$

$$\phi V_i \leq v_i \leq (1-\phi)V_i \quad \forall i$$

Burada U_r ($r = 1, 2, \dots, s$) ve V_i ($i = 1, 2, \dots, m$) sırasıyla p. girdinin üst sınırı ve t. çıktının üst sınırı modellerinin optimum değerleridir.

Yukarıdaki model sonucu elde edilen ağırlıklar u_r^*, v_i^* olarak ifade edilirse, bu ağırlıklar kullanılarak KVB_0 için etkinlik değerleri (2.106) numaralı eşitlik yardımıyla belirlenebilir.

$$(E_o) = \frac{\sum_{r=1}^s u_o^* \bar{y}_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i^* \bar{x}_{ij}} \quad \forall j \quad (2.106)$$

Üçgen üyelik fonksiyonuna sahip bulanık sayılar için geliştirilmiş bölme işlemi kullanılarak $(E_o) = (E_o^m, E_o^\alpha, E_o^\beta)$ sayısının alt, üst sınırları ve orta noktası belirlenebilir.

$$(E_o^m) = \frac{\sum_{r=1}^s u_o^* y_{ro}^m}{\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^m} \quad (2.107)$$

$$(E_o^\alpha) = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}^m \sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^\beta + \sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}^\alpha \sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^m}{\left(\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^m\right)^2} \quad (2.108)$$

$$(E_o^\beta) = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}^m \sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^\alpha + \sum_{r=1}^s u_r^* y_{ro}^\beta \sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^m}{\left(\sum_{i=1}^m v_i^* x_{io}^m\right)^2} \quad (2.109)$$

Burada, $E_p^m + E_p^\beta > 1$ olduğunda, en az bir p , $1 \leq p \leq n$ olabilir veya bütün karar verme birimlerinde etkinlik $E_o^m + E_o^\beta < 1$, $[0, 1]$ olabilir. Bütün girdi ve/veya çıktı ağırlıkları minimal oranda değişebilir. Bu durumda aşağıdaki tanımlalar ile ölçek dönüşümü yapılır.

$$U_r = \frac{u_r^*}{E_o}, \quad V_i = v_i^* \quad \forall r, i \quad (2.110)$$

$$(E_o) = \max_{1 \leq o \leq n} \{E_o^m + E_o^\beta\} \quad (2.111)$$

Yukarıdaki tanımlamalar ile yeni ortak ağırlık seti oluşturularak etkinlik değeri tekrar hesaplanır.

2.3.10. Wang-Greatbanks-Yang Modeli

Wang, Greatbanks ve Yank (2005) geliştirdikleri modelde verilerin dahil edilebilmesi için Kao-Liu modelinde olduğu gibi α -kesimler yaklaşımını esas almışlardır. Burada tutarlı kıyaslama yapabilmek için her α -seviye için aynı üretim sınırı kullanılmaktadır. Etkinlik ölçüm problemlerinde kesin verilerin elde edilmesi durumunda bu kesin veriler üst ve alt sınırları birbirine eşit olan aralık sayıların özel bir durumu olarak değerlendirilmektedir. Wang, Greatbanks ve Yank tarafından geliştirilen bu model aşağıda paragraflarda açıklanmıştır (Wang, Greatbaks ve Yang, 2005: 347-370; Çakır, 2015: 97-103).

$$E_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.112)$$

KVB_0 için etkinliği yukarıdaki eşitliğe göre hesaplınsın. Aralık sayılar için işlem kurallarına göre aşağıdaki (2.112) numaralı eşitlik elde edilir.

$$E_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r [y_{rj}^L, y_{rj}^U]}{\sum_{i=1}^m v_i [x_{ij}^L, x_{ij}^U]} = \frac{\left[\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L, \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U \right]}{\left[\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L, \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U \right]} = \left[\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U}, \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L} \right], \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.113)$$

E_j 'nun $[E_j^L, E_j^U]$ ($j = 1, 2, \dots, n$) şeklinde gösterilen bir aralık sayısı olduğu açıktır.

$$E_j = [E_j^L, E_j^U] = \left[\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U}, \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L} \right] \subseteq (0, 1], \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.114)$$

Olduğu durumda,

$$E_j^U = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.115)$$

$$E_j^L = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U} > 0, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.116)$$

KVB_0 'ın alt ve üst etkinlik skorlarını ölçmek için aşağıdaki kesirli programlama modelleri çifti oluşturulur.

$$E_{j0}^U = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L}$$

Kısıtlar, (2.117)

$$E_j^U = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i$$

$$E_{j0}^L = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U}$$

Kısıtlar, (2.118)

$$E_j^U = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L} \leq 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i$$

Charnes-Cooper dönüşümünü kullanarak yukarıdaki çifte kesirli programlama modelleri aşağıdaki eşdeğer doğrusal programlama modellerine dönüştürülebilir.

$$E_{j0}^U = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rj0}^U$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij0}^L = 1 \quad (2.119)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i$$

ve

$$E_{j0}^L = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{rj0}^L$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij0}^U = 1 \quad (2.120)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i$$

Yukarıda verilen modellerde E_{j0}^U , bütün KVB'ler en optimum üretim faaliyeti seviyesindeyken karar birimi j 'nin elde edebileceği etkinlik skorunun üst sınırını temsil ederken, E_{j0}^L ise etkinlik skorunun alt sınırını temsil etmektedir. Model (2.120) bütün KVB'ler için üretim sınırını belirlerken, Model (2.119) ise her bir KVB'nin alt sınırdaki etkinlik skorlarını hesaplamak için bu üretim sınırını referans kabul etmektedir.

Wang, Greatbanks ve Yank tarafından geliştirilen bu modelde α -kesimler yaklaşımı benimsenmiştir. Bu duruma bağlı olarak $(x_{ij})_\alpha = [(x_{ij})_\alpha^L, (x_{ij})_\alpha^U]$ ve $(y_{rj})_\alpha = [(y_{rj})_\alpha^L, (y_{rj})_\alpha^U]$ ile ifade edilen bulanık girdi ve çıktılar için yukarıda (2.119) ve (2.120) numaralı eşitlikler ile gösterilen alt ve üst etkinlik sınır aralık VZA modelleri aşağıda verildiği gibi yeniden oluşturulmalıdır.

$$(E_{j0})_\alpha^U = \max \sum_{r=1}^s u_r (y_{rj0})_\alpha^U$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i (x_{ij0})_\alpha^L = 1 \quad (2.121)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0 \quad o = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i$$

ve

$$(E_{j0})_\alpha^L = \max \sum_{r=1}^s u_r (y_{rj0})_\alpha^L$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i (x_{ij0})_{\alpha}^U = 1 \quad (2.122)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^U - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L \leq 0 \quad o = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad \forall r, i$$

Burada, $(E_{j0})_{\alpha}^U$ ve $(E_{j0})_{\alpha}^L$ sırasıyla KVB o için alt ve üst optimum göreceli etkinlik sınırlarını verilen bir etkinlik $(E_{j0})_{\alpha} = [(E_{j0})_{\alpha}^L, (E_{j0})_{\alpha}^U]$ aralıklarında α – kesimlerinde ifade etmektedir.

Yukarıdaki eşitlikten de görüleceği gibi farklı α – kesim düzeylerinde karar verme birimleri eş merkezli fakat farklı genişlikte olsalar bile bu karar verme birimlerinin etkinliklerinin sıralanması ve karşılaştırılması gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak Wang ve arkadaşları (2005) tarafından geliştirilen minimax pişmanlık (regret) yaklaşımı aşağıda açıklanmıştır.

$A_i = [\alpha_i^L, \alpha_i^U] = \langle m(A_i), w(A_i) \rangle \quad (i = 1, 2, \dots, n)$ n adet karar verme birimini etkinlik aralıkları olduğunda burada,

$m(A_i) = \frac{1}{2}(\alpha_i^R + \alpha_i^L)$ ve $w(A_i) = \frac{1}{2}(\alpha_i^R - \alpha_i^L)$ sırasıyla karar verme birimlerinin orta noktaları ve genişlikleridir.

$A_i = [\alpha_i^L, \alpha_i^U]$ 'in istisna durumlar dışında en iyi etkinlik aralığı olarak seçildiğinde, $b = \max_{j \neq i} \{\alpha_j^U\}$ olur. Eğer $\alpha_i^L < b$ ise, karar verici verimlilik kaybına uğrayarak pişmanlık hissedebilir. Bu durumda maksimum etkinlik kaybı; $\max(r_i) = b - \alpha_i^L = \max_{j \neq i} (\alpha_j^U) - \alpha_i^L$ 'dir. Eğer $\alpha_i^L \geq b$ ise, karar verici verimlilik

kaybına uğramayacak ve pişmanlık hissetmeyecektir. Bu durumda karar vericinin pişmanlığı sıfır olarak tanımlanır. Yani, $r_i = 0$ bu iki durum dikkate alındığında;

$\max(r_i) = \max \left[\max_{j \neq i} (\alpha_j^U) - \alpha_i^L, 0 \right]$ elde edilir. Böylece minimax pişmanlık kriteri en

iyi etkinlik aralığı olarak aşağıdaki koşulları sağlayan etkinlik aralığını seçecektir.

$$\min_i = \{ \max(r_i) \} = \min_i \left\{ \max \left[\max_{j \neq i} (\alpha_j^U) - \alpha_i^L, 0 \right] \right\}$$

Yukarıdaki analize dayanarak, etkinlik aralıklarının karşılaştırılması ve sıralanması için aşağıdaki tanım yapılmaktadır.

$A_i = [\alpha_i^L, \alpha_i^U] = \langle m(A_i), w(A_i) \rangle$ ($i = 1, 2, \dots, n$) bir etkinlik aralık kümesi olsun.

Her etkinlik aralığının maksimum etkinlik kaybı A_i , şu şekilde tanımlanır:

$$R(A_i) = \max \left[\max_{j \neq i} (\alpha_j^U) - \alpha_i^L, 0 \right] = \max \left[\max_{j \neq i} \{m(A_i) + w(A_j)\} - (m(A_i) - w(A_j)), 0 \right], \quad (2.123)$$

$i = 1, 2, \dots, n$

Yukarıdaki eşitlik etkinlik kaybının en az olduğu karar verme biriminin en etkin olduğunun bir kanıtıdır. Etkinlikteki maksimum kayıplar göreceli sayılardır. Diğer tüm etkinlik aralıklarındaki maksimum etkinliğe göre hesaplanmaktadır. Bu nedenle, bunlar yalnızca bir etkinlik aralık seti arasında en etkin karar verme birimini seçmek için kullanılırlar fakat onları doğrudan sıralamak için kullanılamazlar. Maksimum etkinlik kayıplarını kullanarak bir dizi etkinlik aralığındaki karar verme birimlerini sıralamak için aşağıdaki eliminasyon adımları önerilmektedir.

Adım 1: Tüm etkinlik aralıkları için maksimum etkinlik kaybı hesaplanır ve maksimum etkinlik kaybı en düşük olan etkinlik aralığı en etkin olarak seçilir. A_{i_1} 'in seçildiği varsayıldığında, $1 \leq i_1 \leq n$ 'dir.

Adım 2: A_{i_1} dikkate almadan geriye kalan $(n-1)$ etkinlik aralığı için maksimum etkinlik kaybı tekrar hesaplanır ve maksimum etkinlik kaybı en düşük olan etkinlik aralığı en etkin olarak seçilir. A_{i_2} 'in seçildiği varsayıldığında, $1 \leq i_2 \leq n$ fakat $i_2 \neq i_1$ 'dir.

Adım 3: A_{i_2} dikkate alamadan geriye kalan $(n-2)$ etkinlik aralığı için maksimum etkinlik kaybı tekrar hesaplanır ve maksimum etkinlik kaybı en düşük olan etkinlik aralığı A_{i_3} en etkin olarak seçilir.

Adım 4: Yukarıdaki eliminasyon işlemi tek bir etkinlik aralığı, A_{i_n} kalana kadar tekrar edilir. Burada \succ sembolü daha üstündür anlamında olmak üzere sıralama, $A_{i_1} \succ A_{i_2} \succ \dots \succ A_{i_n}$, şeklindedir.

2.3.11. Wang-Chin Modeli

Wang ve Chin (2011) tarafından geliştirilen bulanık VZA modelini diğer bulanık VZA modellerinden ayıran en önemli farkları; beklenen değer üzerinden kurulan ve değerleri kesin olan ve bilinmeyen verileri bir arada kullanması şeklinde sıralamak mümkündür. Bu modelin detayları aşağıda açıklandığı gibidir (Wang ve Chin, 2011: 11678-11685, Shiraz, 2014: 67-73):

Modelde bulunan karar verme birimi sayısı n adet olarak varsayıldığında; KVB_j için girdi ve çıktı değişkenleri miktarları sırasıyla $x_{ij} (i=1, \dots, m)$ ve $y_{rj} (r=1, \dots, s)$ 'dir. Bütün girdi (x_{ij}) ve çıktı (y_{rj}) değişkenleri özelliklerini kaybetmeden belirsiz ve yamuk bulanık sayılarla karakterize edildiği varsayılır.

$$\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^L, x_{ij}^M, x_{ij}^N, x_{ij}^U), \quad x_{ij}^L \geq 0 \quad (i=1, \dots, m), \quad (j=1, \dots, n) \quad (2.124)$$

ve

$$\tilde{y}_{rj} = (y_{rj}^L, y_{rj}^M, y_{rj}^N, y_{rj}^U), \quad y_{rj}^L \geq 0 \quad (r=1, \dots, m), \quad (j=1, \dots, n) \quad (2.125)$$

Kesin ve üçgen bulanık veriler \tilde{x}_{ij} ve \tilde{y}_{rj} yamuk bulanık sayının özel bir durumu olarak tanımlanır ve sırasıyla $x_{ij}^L = x_{ij}^M = x_{ij}^N = x_{ij}^U$, $y_{rj}^L = y_{rj}^M = y_{rj}^N = y_{rj}^U$ ve $x_{ij}^M = x_{ij}^N$, $y_{rj}^M = y_{rj}^N$

KVB_j için toplam ağırlıklandırılmış bulanık çıktı (FWO) ve toplam ağırlıklandırılmış bulanık girdi (FWI), aşağıdaki formüllerle hesaplanmaktadır.

$$FWO_j = \sum_{r=1}^s \tilde{u}_r \tilde{y}_{rj} = \sum_{r=1}^s (u_r^L, u_r^M, u_r^N, u_r^U) \times (y_{rj}^L, y_{rj}^M, y_{rj}^N, y_{rj}^U) \quad (2.126)$$

$$FWI_j = \sum_{i=1}^m \tilde{v}_i \tilde{x}_{ij} = \sum_{i=1}^m (v_i^L, v_i^M, v_i^N, v_i^U) \times (x_{ij}^L, x_{ij}^M, x_{ij}^N, x_{ij}^U) \quad (2.127)$$

Burada $\bar{u}_r = (u_r^L, u_r^M, u_r^N, u_r^U)$ ve $\bar{v}_i = (v_i^L, v_i^M, v_i^N, v_i^U)$ sırasıyla bulanık girdi \tilde{x}_{ij} ve bulanık çıktı \tilde{y}_{rj} için bulanık ağırlıklardır. İki bulanık sayıdaki bulanık ekleme ve bulanık çarpma işlemlerine göre yukarıdaki (2.126) ve (2.127) numaralı eşitlikler yaklaşık olarak aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$FWO_j \approx \left(\sum_{r=1}^s u_r^L y_{rj}^L, \sum_{r=1}^s u_r^M y_{rj}^M, \sum_{r=1}^s u_r^N y_{rj}^N, \sum_{r=1}^s u_r^U y_{rj}^U \right) \quad (2.128)$$

$$FWI_j \approx \left(\sum_{i=1}^m v_i^L x_{ij}^L, \sum_{i=1}^m v_i^M x_{ij}^M, \sum_{i=1}^m v_i^N x_{ij}^N, \sum_{i=1}^m v_i^U x_{ij}^U \right) \quad (2.129)$$

Yukarı denklemlerin beklenen değeri iki bulanık yamuk sayı olarak gösterilebilir.

$$\begin{aligned} E(FWO_j) &= \frac{1}{4} \left(\sum_{r=1}^s u_r^L y_{rj}^L + \sum_{r=1}^s u_r^M y_{rj}^M + \sum_{r=1}^s u_r^N y_{rj}^N + \sum_{r=1}^s u_r^U y_{rj}^U \right) \\ &= \frac{1}{4} \sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + u_r^M y_{rj}^M + u_r^N y_{rj}^N + u_r^U y_{rj}^U) \end{aligned} \quad (2.130)$$

$$\begin{aligned} E(FWI_j) &= \frac{1}{4} \left(\sum_{i=1}^m v_i^L x_{ij}^L + \sum_{i=1}^m v_i^M x_{ij}^M + \sum_{i=1}^m v_i^N x_{ij}^N + \sum_{i=1}^m v_i^U x_{ij}^U \right) \\ &= \frac{1}{4} \sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + v_i^M x_{ij}^M + v_i^N x_{ij}^N + v_i^U x_{ij}^U) \end{aligned} \quad (2.131)$$

Buna göre bulanık ortamlarda KVB_j 'nin etkinliği aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$\theta_j = \frac{E(FWO_j)}{E(FWI_j)} = \frac{\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + u_r^M y_{rj}^M + u_r^N y_{rj}^N + u_r^U y_{rj}^U)}{\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + v_i^M x_{ij}^M + v_i^N x_{ij}^N + v_i^U x_{ij}^U)}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.132)$$

Yukarıdaki denklem bir kesin fonksiyon olarak n tane KVB'nin etkinliğini ölçmek ve değerlendirmek için kullanılır. θ_j farklı perspektiflerden ölçülebilir. Etkinliği ölçülmek istenen KVB, KVB_0 olarak ifade edildiğinde, iyimser bakış açısından θ_0 , KVB_0 'nun en iyi göreceli etkinliğini ölçen aşağıdaki kesirli programlama modeliyle hesaplanabilir:

$$Max\theta_0^{best} = \frac{\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{r0}^L + u_r^M y_{r0}^M + u_r^N y_{r0}^N + u_r^U y_{r0}^U)}{\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{i0}^L + v_i^M x_{i0}^M + v_i^N x_{i0}^N + v_i^U x_{i0}^U)}$$

Kısıtlar, (2.133)

$$\theta_j^{best} = \frac{\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + u_r^M y_{rj}^M + u_r^N y_{rj}^N + u_r^U y_{rj}^U)}{\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + v_i^M x_{ij}^M + v_i^N x_{ij}^N + v_i^U x_{ij}^U)} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r^U \geq u_r^N \geq u_r^M \geq u_r^L \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i^U \geq v_i^N \geq v_i^M \geq v_i^L \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Kötümser bakış açısından θ_0 , KVB_0 'nun diğer KVB'lere göre en kötü etkinliğini ölçen aşağıdaki model ile hesaplanabilir:

$$Min\theta_0^{worst} = \frac{\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{r0}^L + u_r^M y_{r0}^M + u_r^N y_{r0}^N + u_r^U y_{r0}^U)}{\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{i0}^L + v_i^M x_{i0}^M + v_i^N x_{i0}^N + v_i^U x_{i0}^U)}$$

Kısıtlar, (2.134)

$$\theta_j^{worst} = \frac{\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + u_r^M y_{rj}^M + u_r^N y_{rj}^N + u_r^U y_{rj}^U)}{\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + v_i^M x_{ij}^M + v_i^N x_{ij}^N + v_i^U x_{ij}^U)} \geq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r^U \geq u_r^N \geq u_r^M \geq u_r^L \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i^U \geq v_i^N \geq v_i^M \geq v_i^L \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Yukarıdaki iki kesirli programlama modeli Charnes ve Cooper (1962) tarafından geliştirilen dönüşüm yardımıyla aşağıdaki doğrusal programlama modellerine dönüştürülebilir:

$$\text{Max} \theta_0^{\text{best}} = \sum_{r=1}^s (u_r^L y_{r0}^L + u_r^M y_{r0}^M + u_r^N y_{r0}^N + u_r^U y_{r0}^U)$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{i0}^L + v_i^M x_{i0}^M + v_i^N x_{i0}^N + v_i^U x_{i0}^U) = 1 \quad (2.135)$$

$$\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + u_r^M y_{rj}^M + u_r^N y_{rj}^N + u_r^U y_{rj}^U)$$

$$- \sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + v_i^M x_{ij}^M + v_i^N x_{ij}^N + v_i^U x_{ij}^U) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r^U \geq u_r^N \geq u_r^M \geq u_r^L \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i^U \geq v_i^N \geq v_i^M \geq v_i^L \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

ve

$$\text{Min} \theta_0^{\text{worst}} = \sum_{r=1}^s (u_r^L y_{r0}^L + u_r^M y_{r0}^M + u_r^N y_{r0}^N + u_r^U y_{r0}^U) \quad (2.136)$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{i0}^L + v_i^M x_{i0}^M + v_i^N x_{i0}^N + v_i^U x_{i0}^U) = 1$$

$$\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + u_r^M y_{rj}^M + u_r^N y_{rj}^N + u_r^U y_{rj}^U)$$

$$- \sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + v_i^M x_{ij}^M + v_i^N x_{ij}^N + v_i^U x_{ij}^U) \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r^U \geq u_r^N \geq u_r^M \geq u_r^L \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i^U \geq v_i^N \geq v_i^M \geq v_i^L \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Eğer $\theta_0^{best} = 1$ ise, KVB_0 iyimser etkin aksi durumda iyimser etkin değildir. Eğer $\theta_0^{worst} = 1$ ise, KVB_0 kötümser etkin değildir aksi durumda kötümser etkindir. Her iki modelin yorumları farklı perspektiflerden olduğundan genellikle etkinlik değerleri birbiri ile kıyaslanıp yorumlanamaz. Diğer bir ifadeyle, kötümser etkinlik değeri iyimser etkinlik değerinden daha düşük olamaz.

Wang, Chin ve Yang (2007)'a göre iyimser ve kötümser etkinlik n adet karar verme biriminin performansını iki ekstrem durumda (en iyi veya en kötü) ölçer. Teorik olarak n adet her bir karar verme biriminin performansı değerlendirilirken her iki durumda göz önüne alınması gerekmektedir. Bu durum çift sınır analizi (double frontier analysis) olarak tanımlanmaktadır. Böylelikle Wang, Chin ve Yang (2007) tarafından önerilen geometrik etkinlik indeksi kullanılmaktadır.

$$\theta_j^{Geometrik} = \sqrt{\theta^{best} \times \theta^{worst}}, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Bu yöntemin KVB_j 'nin genel performansını ölçtüğü varsayılmaktadır. Burada $\theta_j^{Geometrik}$ iki etkinliğin geometrik ortalama değeridir ve dolayısıyla ortalama çapraz etkinlik anlamına gelmektedir. Kesin girdi ve kesin çıktılarının kesin ağırlıklarla ağırlıklandırılmalarıdır. Bu durumun sağlanması için, $\tilde{v}_i = (v_i^L, v_i^M, v_i^N, v_i^U)$ ve $\tilde{u}_r = (u_r^L, u_r^M, u_r^N, u_r^U)$ bulanık ağırlıkların $v_i^U = v_i^N = v_i^M = v_i^L = 0$ ve $u_r^U = u_r^N = u_r^M = u_r^L = 0$ kesin girdi ve çıktıları için düşünülmesi gerekmektedir.

Eğer bütün $r = 1, 2, \dots, s$ ve $i = 1, 2, \dots, m$ için $u_r^U = u_r^N = u_r^M = u_r^L \geq 0$ ve $v_i^U = v_i^N = v_i^M = v_i^L \geq 0$ olduğunda aşağıdaki ifade gösterilebilir:

$$\theta_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r (y_{rj}^L + y_{rj}^M + y_{rj}^N + y_{rj}^U)}{\sum_{i=1}^m v_i (x_{ij}^L + x_{ij}^M + x_{ij}^N + x_{ij}^U)} = \frac{\sum_{r=1}^s u_r E(\tilde{y}_{rj})}{\sum_{i=1}^m v_i E(\tilde{x}_{ij})}, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.137)$$

Burada $E(\tilde{x}_{ij})$ ve $E(\tilde{y}_{rj})$ sırasıyla bulanık girdi \tilde{x}_{ij} ve bulanık çıktı \tilde{y}_{rj} 'nin beklenen değerleridir ve KVB_j 'nin kesin girdi ve çıktı değerleri olarak görülebilir. Bu

durumda yukarıda gösterilen (2.135) ve (2.136) numaralı modellerin bulanık beklenen değer modelleri aşağıda gösterildiği gibi geleneksel VZA modelleri haline gelmektedir.

$$Max \theta_0^{best} = \sum_{r=1}^s u_r E(\tilde{y}_{r0})$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i E(\tilde{x}_{i0}) = 1 \quad (2.138)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r E(\tilde{y}_{rj}) - \sum_{i=1}^m v_i E(\tilde{x}_{ij}) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

ve

$$Min \theta_0^{worst} = \sum_{r=1}^s u_r E(\tilde{y}_{r0})$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m v_i E(\tilde{x}_{i0}) = 1 \quad (2.139)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r E(\tilde{y}_{rj}) - \sum_{i=1}^m v_i E(\tilde{x}_{ij}) \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r, v_i \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Yukarıdaki doğrusal programlama modeli her bir karar verme birimi için en olumlu ve en uygun ağırlıkları seçerken (2.135) ve (2.136) numaralı modellerden daha az esnekliğe ve serbestliğe sahiptir. Sonuç olarak yukarıdaki modelde elde edilen θ_0^{best} değeri (2.135) modelindeki θ_0^{best} değerinden yüksek miktarda olmayacaktır. Benzer şekilde yukarıdaki modelde elde edilen θ_0^{worst} değeri de (2.136) modelindeki θ_0^{worst} az miktara sahip olmayacaktır. Üçgen bulanık sayılar ve kesin sayılar yamuk bulanık sayıların özel durumları olduğu için yukarıda verilen doğrusal programlama

modellerinin kesin girdi ve çıktı verileri aynı zamanda üçgen bulanık girdi ve bulanık çıktı verileri içinde geçerlidir. Örneğin (2.135) ve (2.136) numaralı doğrusal programlama modelleri üçgen bulanık sayılar için aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$Max\theta_0^{best} = \sum_{r=1}^s (u_r^L y_{r0}^L + 2u_r^M y_{r0}^M + u_r^U y_{r0}^U)$$

Kısıtlar,

$$\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{i0}^L + 2v_i^M x_{i0}^M + v_i^U x_{i0}^U) = 1 \quad (2.140)$$

$$\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + 2u_r^M y_{rj}^M + u_r^U y_{rj}^U) - \sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + 2v_i^M x_{ij}^M + v_i^U x_{ij}^U) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r^U \geq u_r^M \geq u_r^L \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i^U \geq v_i^M \geq v_i^L \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

ve

$$Min\theta_0^{worst} = \sum_{r=1}^s (u_r^L y_{r0}^L + 2u_r^M y_{r0}^M + u_r^U y_{r0}^U)$$

Kısıtlar, (2.141)

$$\sum_{i=1}^m (v_i^L x_{i0}^L + 2v_i^M x_{i0}^M + v_i^U x_{i0}^U) = 1$$

$$\sum_{r=1}^s (u_r^L y_{rj}^L + 2u_r^M y_{rj}^M + u_r^U y_{rj}^U) - \sum_{i=1}^m (v_i^L x_{ij}^L + 2v_i^M x_{ij}^M + v_i^U x_{ij}^U) \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$u_r^U \geq u_r^M \geq u_r^L \geq 0, \quad r = 1, 2, \dots, s$$

$$v_i^U \geq v_i^M \geq v_i^L \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Burada $\tilde{u}_r = (u_r^L, u_r^M, u_r^U)$ ve $\tilde{v}_i = (v_i^L, v_i^M, v_i^U)$ sırasıyla $\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^L, x_{ij}^M, x_{ij}^U)$ girdi ve $\tilde{y}_{rj} = (y_{rj}^L, y_{rj}^M, y_{rj}^U)$ çıktı için üçgen bulanık ağırlıklardır.

2.4. BORDA KURALI YÖNTEMİ

Grup kararı teorisinde tekil sıralama kümelerinden bütünleşik bir sıralama meydana getirmek grup uzlaşım fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Borda (1784) tarafından geliştirilmiş olan Borda Kuralı (Borda Count) yöntemi çoğunluk oylamasının geliştirilmiş bir şeklidir. Borda Kuralında alternatifler karar vericilerin tercihlerinin toplanması sonucu elde edilen Borda skorlarına göre sıralanmaktadır (Çakır, 2015: 103).

Borda Kuralında genel olarak bir karar vericinin en az tercih ettiği alternatif "0" puan alırken, bir sonraki "1" puan, en fazla tercih edilen alternatif ise (n-1) puan almaktadır. Borda kuralında alternatifler sahip oldukları Borda skorlarına göre küçükten büyüğe doğru sıralanmaktadır (Wu, 2012: 326; Çakır, 2015:104).

B_i^k , i alternatifine k . karar verici tarafından atanan sırayı göstermek üzere i alternatifinin Borda skoru (2.142) numaralı eşitlikteki gibi hesaplanmaktadır (Çakır, 2015: 104).

$$B(i) = \sum_{k=1}^n B_k^i, \quad 1 \leq i \leq n \quad (2.142)$$

Çalışmanın üçüncü bölümünde tekstil sektörünün alt sektörlerinden birisi olan battaniye sektöründe tedarikçilerin performansının ölçülmesine yönelik bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE TEDARİKÇİLERİN PERFORMANSININ ÖLÇÜLMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde, battaniye sektöründe faaliyet gösteren 5 farklı firmada tedarikçi seçimi ve performans değerlendirmesine yönelik olarak bir uygulama yapılmıştır. Kapsamlı bir literatür çalışması sonucunda kullanılacak olan modeller belirlenmiştir. Tedarikçi performansının değerlendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmanın uygulama bölümü üç kısımdan oluşmaktadır.

İlk kısımda, 26 kriterin yer aldığı "tedarikçi kriterlerinin önem seviyesinin belirlenmesi için Likert tipi (7'li) ölçek" 5 farklı firmanın satın alma uzmanları tarafından değerlendirilerek bulanık AHP'de kullanılacak kriterler belirlenmiştir. İkinci kısımda, tedarikçilerin performanslarının değerlendirilmesinde kullanılacak kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için bulanık AHP yöntemi uygulanmıştır. Üçüncü kısımda ise bulanık AHP ile hesaplanan kriter ağırlıkları kullanılarak bulanık VZA ile tedarikçilerin performansları değerlendirilmiştir.

Tedarikçi kriterlerinin önem seviyesinin belirlenmesi için gerçekleştirilen ölçek çalışması sonuçlarına bağlı olarak, kriterlerin önem seviyeleri belirlenir. Önem seviyeleri sıralamasında bulunan ilk 8 kriter bulanık VZA uygulaması için girdi ve çıktı değişkenleri olacaktır. Söz konusu 8 kriter bulanık AHP ölçeğine göre 5 farklı firmanın satın alma uzmanı tarafından karşılaştırılarak kriterlerin ağırlıkları belirlenir. Bu yolla elde edilen ağırlıklar bulanık VZA'daki girdi ve çıktı değişkenlerinin ağırlıklarını ifade edecektir.

3.1.TEKSTİL VE HAZIR GİYİM SEKTÖRÜNÜN DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DEKİ GENEL DURUMU

Tekstil ve hazır giyim sektörü, iplik, dokuma, örme, boya ve baskı (terbiye), hazır giyim ve konfeksiyon, dokusuz yüzeyler, ekolojik tekstiller, akıllı tekstiller ve teknik tekstillerden oluşmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin lokomotif sektörlerinden birisi olan tekstil sektörü, Türkiye'nin kalkınmasında önemli bir yere sahiptir.

Tekstil ve hazır giyim sektörü, elyaf ve ipliği kullanım ürününe çevirecek süreçleri kapsamaktadır. Elyaftan mamul iplik ve kumaş üretimine kadar olan süreç tekstil, mamul kumaştan giyim ürünü elde edilene kadar olan süreç ise hazır giyim sektörü içerisinde yer almaktadır. Tekstil ve hazır giyim sektörü elyaftan tüketicinin kullanımına sunulan ürün (mamul ürün) üretilinceye kadar olan süreçte uzun bir üretim zincirine sahiptir. Bu zincirde genellikle tekstil ve hazır giyim sektörünün alt sektörlerinde yer alan iplik, dokuma, terbiye ve konfeksiyon bulunmaktadır. Ayrıca tekstil sektörü, inşaat, otomotiv, ağır sanayi, sağlık, savunma, tarım ve diğer birçok sektörle ilişki içerisinde (www.oka.org.tr, 2018).

Dünya Ticaret Örgütü (DTÖ) tarafından kabul edilen ve 2005 yılında uygulanmaya başlayan ticaret kotalarının kaldırılmasıyla birlikte tekstil ve hazır giyim sektörü için yeni bir dönem başlamıştır. Bu dönemden önce Türkiye tekstil ve hazır giyim sektöründe düşük katma değere sahip ürünler ile rekabet ederken bu dönemden sonra katma değeri yüksek ürünler ile rekabet etmeye başlamıştır. 2009 yılında yaşanan ekonomik kriz Türk tekstil ve hazır giyim sektörünü de olumsuz şekilde etkilemiştir. Tekstil ve hazır giyim sektörünün sağladığı dış ticaret fazlasından dolayı imalat sanayisinde önemli bir yeri bulunmaktadır (www.oka.org.tr, 2018).

Dünya genelinde ticaret kotalarının kaldırılması Türk tekstil ve hazır giyim sektörünün yenilikçilik, araştırma ve geliştirme çalışmaları, markalaşma, teknik tekstil ürünleri, akıllı tekstiller, ekolojik tekstiller ve katma değeri yüksek ürünler üzerine yoğunlaşması gerektiğini ortaya koymuştur. Sektörde faaliyet gösteren firmaların uluslararası pazarlarda rekabet edebilmeleri için, nitelikli personeller istihdam etmesi, pazarlama çalışmasına daha fazla bütçe ayırması, üniversite-sanayi işbirliğine daha çok önem vermesi, mevcut ve gelecekteki tedarikçilerini

değerlendirmesi, kurumsallaşma çalışmalarına hız vermesi ve katma değeri yüksek ürünler üretmeye yönelmesi gerekmektedir.

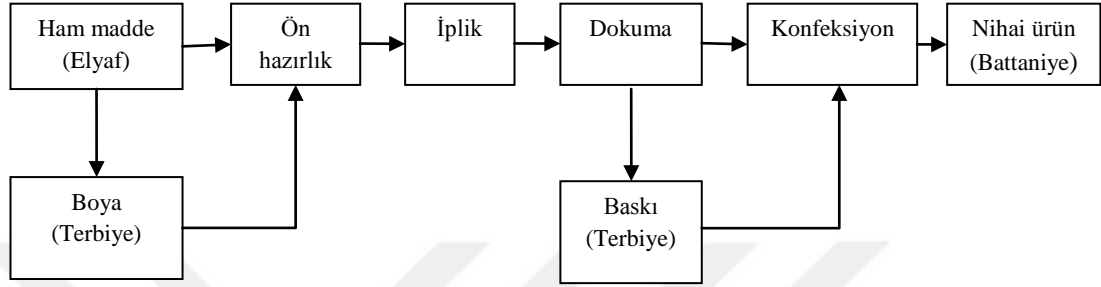
Türkiye’de ihracat ve istihdamda önemli bir payı bulunan tekstil ve hazır giyim sektörünün Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) içindeki payı Türkiye İstatistik Kurumunun 2013 yılı verilerine göre %4,8 olarak rapor edilmiştir. TÜİK tarafından yayınlanan istatistiki verilere göre 2004-2013 yılları arasında tekstil ve hazır giyim sektörünün ihracatta ilk sırada yer aldığı bilinmektedir. DTÖ’nün 2013 yılı verilerine göre tekstil ve hazır giyim sektöründe dünya genelinde 766,15 milyar dolar toplam ihracat gerçekleştirilmiştir. 2013 yılında gerçekleştirilen söz konusu ihracatın yaklaşık %3,5’lik kısmını oluşturan 27,6 milyar dolarlık ihracat Türk tekstil ve hazır giyim sektörüne aittir. Çin tekstil ve hazır giyim sektöründe 284 milyar dolarlık ihracat ile ilk sırada yer almaktadır. DTÖ’nün 2013 yılı verilerine göre Çin, İtalya, Hindistan ve Almanya gibi ülkelerden sonra Türkiye tekstil sektöründe beşinci sırada hazır giyim sektöründe ise altıncı sırada yer almaktadır (www.uis.gov.tr, 2018).

Türkiye ev tekstili grubunda 2014 yılında 3.326.946.668 dolar, 2015 yılında 2.776.590.611 dolar ve 2016 yılında 2.774.505.831 dolar değerinde ihracat gerçekleştirmiştir. Türkiye ev tekstili grubunda bulunan battaniye sektöründe ise 2014 yılında 75.140.040 dolar, 2015 yılında 53.470.727 dolar ve 2016 yılında 50.895.081 dolar değerinde ihracat gerçekleştirmiştir (www.tetsiad.org.tr, 2018).

Battaniye sektörü tekstil sektörünün alt gruplarından birisidir ve iplik dokuma, terbiye ve konfeksiyon sektörlerini içerisinde barındırmaktadır. Battaniye mevsime bağlı olarak genellikle yorgan yerine kimi zamanda yorganla birlikte kullanılan bir ev tekstili ürünüdür. Dokunmuş bir kumaş türü olan battaniye, şardonlama (kumaş yüzeyini tüylendirme) işlemi sonucunda yumuşak bir tutum almaktadır. Battaniyeler Türkiye’de olduğu gibi birçok ülkede de değişik amaçlar için kullanılmaktadır. Battaniye sektörü, geri dönüşüm tekstil malzemelerinin yoğun bir şekilde ham madde olarak kullanıldığı sektörlerden bir tanesidir (Ersoy ve Zıraplı, 2014: 430).

Uşak ili ülkemizde battaniye üretiminin merkezi konumundadır. Battaniye özel bir üretim prosesi gerektiren bir tekstil ürünüdür. Battaniye üretimindeki iş akışı ham

maddeye bağı olarak farklılık göstermektedir. Battaniye özel bir tekstil ürünü olmasına rağmen literatürde battaniye ile ilgili yapılan çalışma sayısı kısıtlıdır (Yılmaz, 2007: 113). Müşteri istek ve beklentilerine bağı olarak battaniye üreticileri değışik türde battaniyeler üretmektedirler. Battaniye üretimine ilişkin iş akış süreçleri Şekil 13'te gösterilmiştir.



Şekil 13. Battaniye Üretimi İş Akış Süreçleri

Küresel rekabet koşulları göz önüne alındığında her sektörde olduğu gibi battaniye sektöründe de firmaların faaliyetlerine devam edebilmeleri için aşağıdaki hususlara önem vermesi gerekmektedir (Yılmaz, 2007: 117):

- Battaniye üretiminde alışılmış ham maddeler yerine teknolojiye uygun ve müşteri isteklerine cevap verebilecek nitelikte ham maddeler kullanılmalıdır.
- Çevresel yaptırımlar ve ekosistem koşulları düşünüldüğünde daha ekolojik ham maddeler ve üretim yöntemleri seçilmelidir.
- Üretici firmalar bünyelerinde araştırma ve geliştirme merkezleri buldurmali, araştırma ve geliştirme çalışmalarına daha fazla önem vermelidirler.
- Üretici firmalar müşterilerine daha hızlı, kaliteli ve uygun fiyatlı ürünler sunmalıdır.
- Ürünlerde kalite ve standardizasyon çalışmalarına daha çok önem vermeleri gerekmektedir. Ayrıca firmalar ürünlerini sürekli olarak istenilen özelliklerde tüketicilere sunmak ve tedarik konusunda problemler yaşamamak için hem tedarikçi seçimine hem de tedarikçilerin performanslarının değerlendirilmesine önem vermelidirler.

Tekstil ham maddelerinin üretimi için su, petrol, elektrik enerjisi, tarım arazisi ve işçilik gereklidir. Pamuk gibi doğal liflerin üretimi için arazi ve suya ihtiyaç vardır. Bu durum göz önüne alındığında bu alanlarda pamuk yerine hızla artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılayacak tarım ürünleri yetiştirilebilir. Dünya genelinde her geçen gün artan elyaf ihtiyacı ve tekstil atıkları dikkate alındığında tekstil geri dönüşüm sektörünün önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Emek yoğun bir sektör olan tekstil sektörü genellikle gelişmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere doğru kaymaktadır. Geri dönüşüm atıkları her ülkenin ekonomisi ve doğal çevresi için vazgeçilmez bir unsur olduğundan dolayı tekstil atıklarının geri kazanımı Avrupa ülkelerinde ve Amerika'da halen önemini korumaktadır.

Avrupa ülkelerinde kişi başı kullanılmış giysilerin toplanma oranı ortalama 7 kg'dır. Avrupa ülkelerinde toplanan giysiler ayrıştırılarak başka ülkelere satılmak üzere gönderilmekte veya tekstil geri dönüşüm tesislerinde tekrar tekstil ürününe dönüştürülmektedir. Amerika'da 500 civarında tekstil geri kazanım işletmesi bulunmaktadır. Avrupa ülkelerinde atıkların yok edilmesi için kullanılan yöntemler oldukça pahalıdır. Bu yöntemlerden bir tanesi olan yakma yönteminin günümüzdeki maliyeti 170 Euro/ton civarındadır. Aynı durum Avrupa Birliğine aday konumda olan Türkiye için de geçerli olduğundan geri dönüşüm malzemelerin tekrar kazanımı oldukça önemlidir. Türkiye'de tekstil atıklarının (teleflerinin) geri dönüşüm merkezi Uşak'tır. Tekstil geri dönüşüm firmalarının %90'ı mekaniksel yöntemlerle tekstil atıklarını açarak ilk olarak lif haline getirmekte daha sonra iplik ve dokusuz yüzey üretiminde kullanılmaktadır. Özellikle Open-end (Açma-kapama) iplikçiliğinde iplik haline getirilen tekstil atıkları dokuma ve dokusuz yüzey tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadır (www.usaktso.org, 2018).

Avrupa Birliği 10 milyon ton elyaf kullanımı ile dünyanın en büyük tüketicisi ve ikinci büyük elyaf üreticisi konumundadır. Dünya geneli kişi başı ortalama elyaf tüketimi 11 kg/kişi olmasına karşın, Amerika'da 32 kg/kişi'nin üzerinde, Türkiye ve Meksika'da 10 kg/kişi, Hindistan ve Çin'de ise 3-5 kg/kişi'dir. Günümüz ekonomik ve demografik büyüme hızında küresel lif tüketiminin 2020 yılına kadar 110 milyon tona ulaşacağı düşünülmektedir. Dünya genelinde metal ürünlerin %80'i, kağıt

ürünlerin %65'i ve plastik ürünlerin %30'u geri dönüştürülürken tekstil ürünlerinin yalnızca %15-20'si geri dönüştürülmektedir. Yılda 60 milyon tondan fazla tekstil ürünü atık olarak ortaya çıkmakta veya yakılmaktadır (Voncina, 2014: 2-3).

Türkiye'de son on yıl içerisinde geri dönüşüm malzemelerin tekstil sektöründe kullanımını giderek artmıştır. Evsel ve sanayi atıkları birlikte ele alındığında ülkemizde her yıl yaklaşık olarak bir milyon ton civarında tekstil atığının ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu tekstil atıkların büyük bir kısmı geri kazanılabilir niteliktedir. Eğer bu geri kazanım tam manasıyla gerçekleştirilebilirse;

- Ülkemizde üretilen pamuk miktarında azalma sağlanabilecek ve pamuk ekili alanlarda başka ürünler üretilenilecektir.
- Yurt dışından satın alınan pamuk ve benzeri liflerin oranında azalmaya bağlı olarak ithalat miktarında düşüş görülebilecektir.
- Üretim esnasında gerekli olan enerji miktarında azalma sağlanabilecektir.
- Pamuk ekili alanlara devlet tarafından sağlanan teşvik miktarında azalma sağlanabilecektir. Bu teşvikler başka yerlerde kullanılabilir.
- Çevreye zararlı olan bu atıkların tekrar geri kazanılması doğayı koruyabilecektir.
- Geri dönüşüm tesislerinin kurulmasıyla birlikte ülke ekonomisine ve istihdama katkı sağlanabilecektir (www.usaktso.org, 2018).

Uşak Ticaret Odası tarafından 2014 yılında yapılan çalışmadan Uşak ilinde bulunan geri dönüşüm iplik üreticilerinin yıllık 75.951 ton geri dönüşüm iplik üretimiyle Türkiye'deki toplam geri dönüşüm iplik üretiminin yaklaşık olarak %75'lik kısmını oluşturduğu anlaşılmaktadır. Uşak organize sanayi bölgesinde yaklaşık olarak 155 adet iplik üretimi yapan firma bulunmaktadır. Geri dönüşüm tekstil malzemesinden iplik üretimi daha çok Open-end iplik üretim teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Üretilen iplikler daha sonra dokuma ve dokusuz yüzey tekstil ürünlerini ham maddesi olarak kullanılmaktadır. Battaniye üretiminde genellikle ham madde olarak geri dönüşüm iplikler tercih edilmektedir. Dünya geneli battaniye üretimi düşünüldüğünde Uşak sanayisinin ve Türkiye'nin geri dönüşüm tekstil

malzemesinden iplik üretimi konusunda ne kadar önemli bir yere sahip olduğu anlaşılmaktadır (Ersoy ve Zıraplı, 2014: 425-431).

3.2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE KAPSAMI

Araştırmanın amacı, Uşak ilinde bulunan ve battaniye sektöründe faaliyet gösteren 5 işletmenin ortak elyaf tedarikçilerinin performanslarının ölçülmesi ve değerlendirilmesidir.

Araştırmanın battaniye sektöründe yapılmasının nedenlerini; battaniye üretiminde kullanılan ham maddelerin genel olarak geri dönüşüm malzemelerden meydana gelmesi, dünya genelinde çevreyi korumaya yönelik çok sayıda tedbir ve kanun bulunması, geri dönüşüm ham maddeden üretim yapan sektörlerin gelişmeye açık olması ve sektörde yaşanan rekabetin giderek artması şeklinde sıralamak mümkündür. Birçok sektörde olduğu gibi tekstil sektöründe de firmaların küresel pazarlarda rekabet edebilmeleri ve varlıklarını sürdürebilmeleri adına tedarikçilerinin seçimi ve değerlendirilmesi son derece önemlidir.

Araştırma ile battaniye sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin etkin olan/olmayan tedarikçilerinin belirlenmesi ve etkin olmayan tedarikçilerin etkin olan tedarikçilere göre etkin olmadıkları alanlarda kendilerini geliştirmeleri için bir takım önerilerin ortaya konması amaçlanmaktadır.

3.3. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ

Günümüzde giderek artan rekabet ortamı işletmelerin tedarikçilerini sürekli olarak değerlendirmeleri gerektiğini ortaya koymaktadır. Tedarikçi seçimi işletmeler için verilmesi gereken en önemli kararlardan birisidir. Literatür incelendiğinde tekstil sektöründe bulanık AHP ve bulanık VZA yöntemlerinin birlikte kullanıldığı ve farklı bulanık VZA metotlarının kıyaslandığı başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Çalışma tekstil sektörünün alt gruplarından olan battaniye sektöründe yapılmasından dolayı bu yönüyle literatürde bulunan diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır. Çalışma bu açıdan değerlendirildiğinde çalışmanın bulguları gerek tedarikçi konumundaki

firmalar ve satın alan konumdaki firmalar için gerekse araştırmacılar için yararlı ve önemli sonuçlar ortaya koyabilecek ve yol gösterici nitelikte olabilecektir.

Literatürde bulunmayan ve tekstil sektöründe tedarikçi değerlendirmesinde kullanılan iki farklı kriter bu çalışmaya dahil edilmiştir. Bunun nedeni sektörde yer alan firmaların ham madde özelliği ve ham madde kirlilik oranı kriterlerinin tekstil sektöründe tedarikçilerin değerlendirilmesinde oldukça önemli olduğunu belirtmeleridir. Bu anlamda tez çalışmasında gerçekleştirilen uygulamayla bilimsel literatürün entegrasyonu sağlanmıştır.

3.4. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Araştırmada tedarikçilerin performansının ölçülmesi ve değerlendirilmesinde bulanık AHP ve bulanık VZA yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Bulanık AHP uygulaması kapsamında 5 farklı firma satın alma uzmanına uygulanacak 26 kriterden oluşan 7’li Likert tipi ölçekte yer alacak tedarikçi seçim kriterleri literatür incelemesine istinaden belirlenmiştir. Tedarikçi seçim kriterleri olarak; maliyet, fiyat, kalite, esneklik, teslimat güvenilirliği, tecrübe, firma itibarı, teknoloji, sürekli iyileştirme programı, coğrafî konum, üretim kapasitesi, teknik kapasite, stok durumu, müşteri hizmetleri, güvenilirlik, garanti politikaları, işbirliği, problem çözme yeteneği, finansal durum, çevre yönetim sistemi, örgütsel yönetim sistemi, ürün yelpazesi, lojistik durumu, standart ve sertifikalar, satış sonrası servis, kanuna uygunluk, ham madde kirlilik oranı ve ham madde özelliği kriterleri belirlenmiştir.

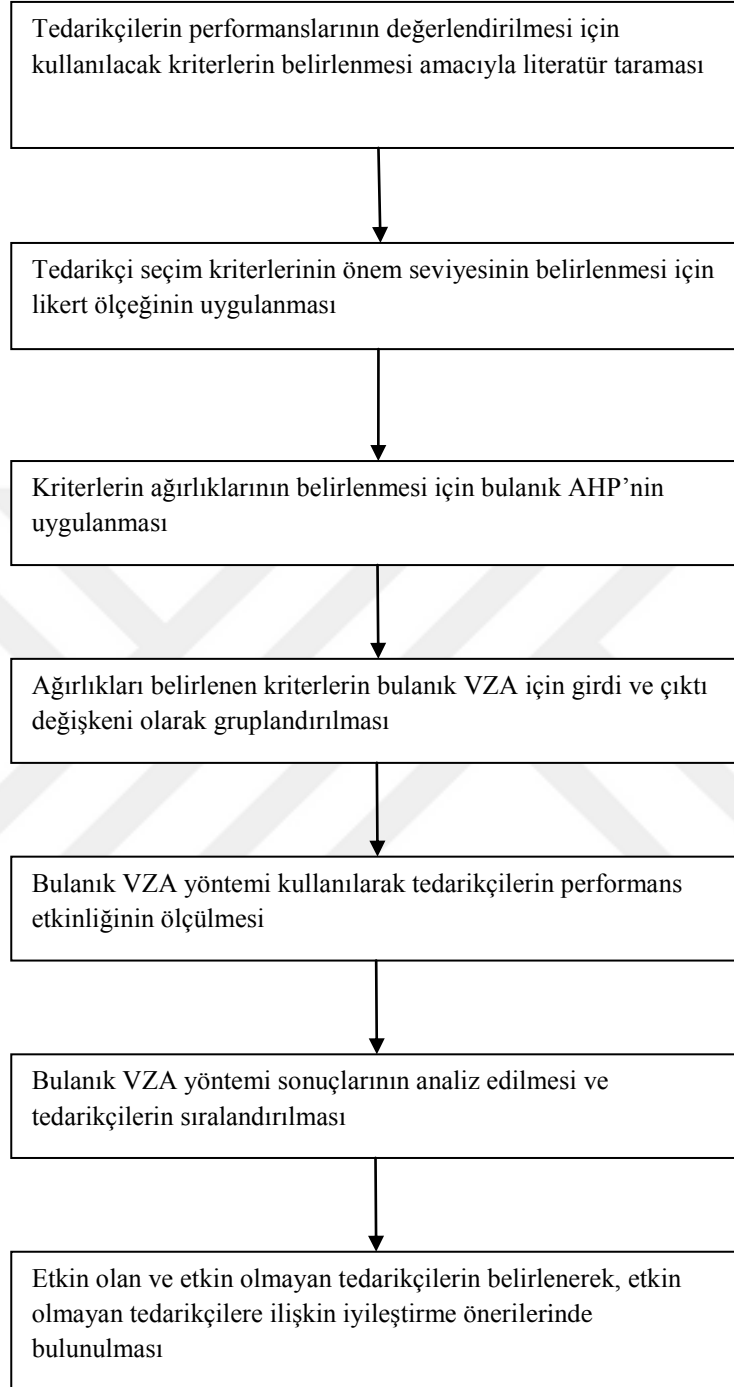
Tedarikçi kriterlerinin önem seviyesinin belirlemesi için gerçekleştirilen ölçek çalışması sonuçlarına bağlı olarak kriterlerin önem seviyeleri belirlenmiş ve bu kriterlerin ağırlıkları Chang (1996)’in Genişletilmiş Analiz Yöntemi ile hesaplanmıştır.

Kuo, Lee ve Hu (2010) çalışmalarında bulanık AHP ile elde edilen kriter ağırlıklarını bulanık VZA uygulamasında kullanmışlardır. Lee, Mogi ve Hui (2013) çalışmalarında bulanık AHP ile elde edilen kriter ağırlıklarını bulanık VZA uygulamasında kullanılacak girdi ve çıktı değişkenleri verileri ile çarparak girdi ve çıktı değişkenlere ilişkin kriter ağırlıklarını hesaplamışlardır. Loron, Loron ve

Peyvandi (2015) çalışmalarında bulanık AHP yöntemiyle kriter ağırlıklarını hesaplamışlar ve bulanık VZA uygulamasında kullanmışlardır. Tezsürücü (2013) çalışmasında her bir tedarikçiyi kriterlere göre değerlendirmiştir. Çağlar ve Öztaş (2016) çalışmalarında bulanık AHP ile elde edilen kriter ağırlıklarını bulanık VZA’da kullanmışlar ve farklı uzman görüşüne göre elde edilen tedarikçi etkinlik sonuçlarını değerlendirmişlerdir.

Bu çalışmada her bir tedarikçi kriterlere göre uzmanlar tarafından değerlendirilerek bulanık VZA’da kullanılacak girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin veriler elde edilmiştir. Çalışmada bulanık AHP sonucu elde edilen kriter ağırlıkları bulanık VZA’da uzman görüşüne bağlı olarak ortaya çıkan girdi ve çıktı değişkenleri verileri ile çarpılarak bulanık VZA uygulaması için girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin toplanan veriler tedarikçi performansının değerlendirildiği bulanık VZA’ya alınarak tedarikçilerin performansları değerlendirilmiştir. 16 tedarikçi firma sayısına karşılık olarak toplam 8 değişken kullanılarak VZA’nın karar verme birimi ile ilgili kısıtı karşılanmıştır.

16 adet elyaf tedarikçisi firmanın performans değerlendirme sonuçlarına göre etkinlik sıralaması yapılmıştır. Sıralama sonucunda etkin olan/olmayan tedarikçiler belirlenmiştir. Aynı zamanda bu sonuçlar firmaların her bir tedarikçisi ile ilgili olarak hangi konular üzerinde yoğunlaşması gerektiğini ve etkin olmayan tedarikçilerin hangi oranda iyileştirmeler yapması gerektiğini ortaya koymuştur. Araştırmanın tasarımı Şekil 14’de gösterilmiştir.



Şekil 14. Araştırmanın Tasarımı

3.5. TEDARİKÇİ SEÇİM KRİTERLERİNİN ÖNEM SEVİYESİNİN BELİRLENMESİ

Tedarikçi seçiminde kullanılacak kriterlerin önem seviyesinin belirlenmesi amacıyla 26 kriter 7'li likert tipi bir ölçek (1- çok düşük, 2- düşük, 3- orta düşük, 4- orta, 5- orta yüksek, 6- yüksek, 7- çok yüksek) ile 5 farklı firma uzmanı tarafından değerlendirilmiştir. Her bir kriter için uzmanların görüşlerinin aritmetik ortalaması alınarak kriterlerin önem seviyesinin sıralaması Tablo 8'de gösterildiği gibi yapılmıştır.

Tablo 8. Kriterlerin Önem Seviyesi Sıralaması

Kriter	Aritmetik Ortalama
Fiyat	7
Kalite	7
Ham Madde Özelliği	7
Güvenilirlik	7
Teslimat	7
Stok Durumu	6.8
Ham Madde Kirlilik Oranı	6.6
Esneklik	6.6
Ürün Kapasitesi	6.4
Firma İtibarı	6.4
Tecrübe	6.2
Müşteri Hizmetleri	6
Problem Çözme Yeteneği	5.8
Teknoloji	5.4
Sürekli İyileştirme Programı	5.4
Coğrafi Konum	5.4
İşbirliği	5.4
Ürün Yelpazesi	5.4
Lojistik Durumu	5.4
Garanti Politikaları	5.2
Finansal Durum	5
Çevre Yönetim Sistemi	5
Teknik Kapasite	4.2
Satış Sonrası Servis	4.2
Standart ve Sertifikalar	4
Örgütsel Yönetim Sistemi	3.8

Fiyat, kalite, ham madde özelliği, güvenilirlik, teslimat, stok durumu, ham madde kirlilik oranı ve esneklik kriterlerinin önem seviyesi sıralamasında yer alan ilk 8

kriter olduğu Tablo 8'den anlaşılmaktadır. Söz konusu 8 kriter bulanık AHP uygulamasında kullanılacaktır. Bu kriterlere ilişkin firma uzmanları tarafından yapılan değerlendirmeler aşağıdaki paragraflarda yer almaktadır.

Fiyat: Uzmanlar fiyat ve maliyet kavramlarının eş anlamlı olduğunu belirtmişlerdir. Ürünün tedarikçiden firmalarına teslimine kadar olan süreçteki bütün maliyetleri dikkate almışlardır. Tüm maliyetlerin tedarikçi tarafından üstlenilmesi koşuluyla her bir tedarikçi tarafından önerilen net fiyat esas alınmıştır.

Kalite: Uzmanlar kalite kriterini, her bir tedarikçi tarafından sağlanan ürün veya hizmetin firmalarının ihtiyaç ve beklentilerini karşılayabilme derecesi olarak değerlendirmişlerdir.

Teslimat: Uzmanlar teslimat kriterini, teslimat süresi, teslimat yöntemi ve zamanında teslim edilen ürün miktarı gibi hususları birlikte ele alarak değerlendirmişlerdir. Tedarikçilerin ürünün teslimi için belirtilen sürelerle uyup uymadıkları, ürünün firmalarına ulaştığı andaki ambalaj durumu ve üründe deformasyon olup olmadığı, istenilen ürün miktarı ile gelen ürün miktarının aynı olup olmadığı gibi hususların tedarikçilerin teslimat kriteri açısından değerlendirilmesinde önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Güvenilirlik: Uzmanlar güvenilirlik kriterini, tedarikçilerin firmalarına karşı tutumu, firma ve tedarikçi arasında yapılan geçmişteki işler, tedarikçilerin kanunlara uygun çalışmaları, tedarikçilerin istenilen özellikte ürün üretmesi gibi hususları birlikte ele alarak değerlendirmişlerdir.

Stok durumu: Uzmanlar stoklu çalışan tedarikçilerin kendileri için daha uygun olduğunu ve ürün ihtiyacına en kısa sürede cevap veren tedarikçi ile çalışmak istediklerini belirtmişlerdir. Ayrıca firma ihtiyaçları ve pazarın yapısına bağlı olarak, üretim kapasitesi yüksek fakat daha az stokla çalışan bir tedarikçi yerine üretim kapasitesi düşük ve daha çok stokla çalışan bir tedarikçiyi tercih edebileceklerini belirtmişlerdir.

Esneklik: Uzmanlar esneklik kriterinin yalnızca üretim sistemi esnekliği olarak değil aynı zamanda ödeme esnekliği, üretimde kapasite ve makine esnekliği, fiyat esnekliği ve üretim süresinde esneklik olarak ele alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Ham madde kirlilik oranı: Uzmanlar ham madde kirliliğinin işletme içerisinde meslek hastalıklarına, nitelikli iş gücü kaybına, makine ve ekipmanların zarar görmesine, ürün kalitesinin düşmesine, üretim veriminin düşmesine ve diğer problemlere neden olduğundan dolayı tedarikçilerini değerlendirirken bu kriteri dikkate aldıklarını belirtmişlerdir. Ayrıca ham madde kirlilik oranı yüksek elyafların üretim sürecinde kullanılmasıyla üretim maliyetlerinin arttığını vurgulamışlardır. Uzmanlar ham madde kirlilik oranı düşük elyaf tedarikçisini tercih edebileceklerini belirtmişlerdir.

Ham madde özelliği: Uzmanlar kullanılan ham maddenin karışım oranı (örneğin % 50 pamuk- % 50 akrilik, % 40 pamuk- % 60 akrilik gibi), özellikleri (incelik ve uzunluk gibi) ve üretim yönteminin (geri dönüşüm malzemelerden elde edilmiş veya geri dönüşüm malzemedan elde edilmemiş gibi) üretilen ürünün özelliklerini doğrudan etkilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca ham madde özelliklerinin işletme verimini, üretim maliyetlerini ve ürün kalitesini de etkilediğini vurgulamışlardır. Uzmanlar tedarikçilerini değerlendirirken ham madde özelliğinin karar vermede etkili olacağını belirtmişlerdir.

3.6. BULANIK AHP UYGULAMASI

Literatürde tedarikçi seçiminde sıklıkla rastlanılan problem yeterli ve uygun verilerin bulunmamasıdır. Tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi ile ilgili olarak literatürde kullanılan farklı kriterler bulunmaktadır. Literatür incelendiğinde birçok çalışmada Dickson (1966)'ın belirlemiş olduğu kriterlere rastlamak mümkündür (Cheraghi, Dadashzadeh ve Subramanian, 2004: 91-108; Patil, 2014: 616-623; Ersoy, 2017: 11-29). Bulanık AHP uygulamasında tedarikçi seçiminde kullanılmak üzere Dickson'ın kriterlerinden bazıları aynen alınmış ve bazı yeni kriterler eklenmiştir. Kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için bulanık AHP uygulanmıştır.

3.6.1. Kriterlerin Önem Ağırlıklarının Belirlenmesi

Literatürde bulanık AHP uygulamalarında kullanılan farklı bulanık AHP önem ölçeklerine rastlamak mümkündür (Chang, 1996: 649-655; Kahraman, Cebeci ve Ruan, 2004: 175-184; Chen, Wang ve Wu, 2011: 1326-1327; Do ve Chen, 2014: 390; Eskandari, 2017: 5; Groselj ve Stirn, 2017: 209; Santis, Golliat ve Aguiar, 2017: 433; Awasthi, Govindan ve Gold, 2018: 111-112).

Kriterlerin ikili karşılaştırmaları farklı firmalarda görev yapan beş uzman tarafından gerçekleştirilmiştir. İkili karşılaştırmalar Tablo 9’da verilen bulanık AHP önem ölçğine göre yapılmıştır.

Tablo 9. Bulanık AHP Önem Ölçeği

Açıklama	Önem Derecesi	Önem Derecesi Eşleniği
Eşit Önemli	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
Daha Önemli	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
Çok Daha Önemli	(3/2, 2, 5/2)	(2/5, 1/2, 2/3)
Çok Fazla Önemli	(2, 5/2, 3)	(1/3, 2/5, 1/2)
Kesin Önemli	(5/2, 3, 7/2)	(2/7, 1/3, 2/5)

Kaynak: Büyüközkan, Feyzioğlu ve Nebol, 2008: 154

Her bir uzmanın seçim kriterlerini değerlendirdiği bulanık AHP önem ölçği verileri esas alınarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Bu matrisler sırasıyla Tablo 10, Tablo 11, Tablo 12, Tablo 13 ve Tablo 14’de gösterilmiştir. Beş farklı uzman tarafından yapılmış ikili karşılaştırma matrislerinin toplamları (2.24) numaralı eşitlik kullanılarak her bir kriter için aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 10’daki verilere göre tüm kriterler için bulanık sayıların toplamı sırasıyla;

$$= (1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) = (6.90, 7.83, 9.17)$$

$$= (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (5/2, 3, 7/2) \oplus (5/2, 3, 7/2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 3/2, 2) = (13.00, 16.50, 20.00)$$

$$= (1, 1, 1) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (2/3, 1/2, 2/5) = (6.63, 8.07, 9.83)$$

$$= (1, 3/2, 2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (5/2, 3, 7/2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 1, 1) = (11.00, 13.67, 16.50)$$

$$= (1, 1, 1) \oplus (2/7, 1/3, 2/5) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) = (4.69, 5.53, 6.57)$$

$$= (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (2/7, 1/3, 2/5) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (2/7, 1/3, 2/5) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (2/7, 1/3, 2/5) = (3.49, 4.07, 5.03)$$

$$= (1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (8.20, 10.00, 12.00)$$

$$= (1, 3/2, 2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (5/2, 3, 7/2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 1, 1) = (11.00, 13.67, 16.50)$$



Tablo 10. Uzman 1 İkili Karşılaştırma Matrisi

UZMAN 1	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği
Fiyat	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1
Kalite	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2, 5/2, 3	1, 3/2, 2	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2	3/2, 2, 5/2	1, 3/2, 2
Teslimat	1, 1, 1	1/3, 2/5, 1/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1/2, 2/3, 1	2/5, 1/2, 2/3
Güvenilirlik	1, 3/2, 2	1/2, 2/3, 1	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2, 5/2, 3	5/2, 3, 7/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1
Stok Durumu	1, 1, 1	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	1/3, 2/5, 1/2	1, 1, 1	1, 3/2, 2	1/3, 2/5, 1/2	1/3, 2/5, 1/2
Esneklik	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5	1/2, 2/3, 1	1, 1, 1	1/3, 2/5, 1/2	2/7, 1/3, 2/5
Ham Madde Kirlilik Oranı	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	1, 3/2, 2	2/5, 1/2, 2/3	2, 5/2, 3	2, 5/2, 3	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
Ham Madde Özelliği	1, 3/2, 2	1/2, 2/3, 1	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2, 5/2, 3	5/2, 3, 7/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

Tablo 11. Uzman 2 İkili Karşılaştırma Matrisi

UZMAN 2	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği
Fiyat	1, 1, 1	1/3, 2/5, 1/2	2/5, 1/2, 2/3	1/2, 2/3, 1	1, 3/2, 2	3/2, 2, 5/2	1/2, 2/3, 1	1/3, 2/5, 1/2
Kalite	2, 5/2, 3	1, 1, 1	1, 3/2, 2	1, 3/2, 2	1, 3/2, 2	5/2, 3, 7/2	3/2, 2, 5/2	1, 3/2, 2
Teslimat	3/2, 2, 5/2	1/2, 2/3, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 3/2, 2	2, 5/2, 3	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
Güvenilirlik	1, 3/2, 2	1/2, 2/3, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	2, 5/2, 3	5/2, 3, 7/2	1, 3/2, 2	1, 1, 1
Stok Durumu	1/2, 2/3, 1	1/2, 2/3, 1	1/2, 2/3, 1	1/3, 2/5, 1/2	1, 1, 1	1, 3/2, 2	1/2, 2/3, 1	2/5, 1/2, 2/3
Esneklik	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5	1/3, 2/5, 1/2	2/7, 1/3, 2/5	1/2, 2/3, 1	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	1/3, 2/5, 1/2
Ham Madde Kirlilik Oranı	1, 3/2, 2	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1	1, 3/2, 2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
Ham Madde Özelliği	2, 5/2, 3	1/2, 2/3, 1	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	2, 5/2, 3	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

Tablo 12. Uzman 3 İkili Karşılaştırma Matrisi

UZMAN 3	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği
Fiyat	1, 1, 1	1/3, 2/5, 1/2	1/2, 2/3, 1	2/5, 1/2, 2/3	1, 3/2, 2	2, 5/2, 3	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1
Kalite	2, 5/2, 3	1, 1, 1	2, 5/2, 3	3/2, 2, 5/2	5/2, 3, 7/2	2, 5/2, 3	3/2, 2, 5/2	1, 3/2, 2
Teslimat	1, 3/2, 2	1/3, 2/5, 1/2	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1	2, 5/2, 3	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
Güvenilirlik	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3	1, 3/2, 2	1, 1, 1	5/2, 3, 7/2	2, 5/2, 3	3/2, 2, 5/2	1, 3/2, 2
Stok Durumu	1/2, 2/3, 1	2/7, 1/3, 2/5	1/3, 2/5, 1/2	2/7, 1/3, 2/5	1, 1, 1	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1	1/3, 2/5, 1/2
Esneklik	1/3, 2/5, 1/2	1/3, 2/5, 1/2	2/5, 1/2, 2/3	1/3, 2/5, 1/2	1, 1, 1	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1	2/5, 1/2, 2/3
Ham Madde Kirlilik Oranı	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	1, 3/2, 2	1, 3/2, 2	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1
Ham Madde Özelliği	1, 3/2, 2	1/2, 2/3, 1	3/2, 2, 5/2	1/2, 2/3, 1	2, 5/2, 3	3/2, 2, 5/2	1, 3/2, 2	1, 1, 1

Tablo 13. Uzman 4 İkili Karşılaştırma Matrisi

UZMAN 4	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği
Fiyat	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	1/2, 2/3, 1	2/5, 1/2, 2/3	3/2, 2, 5/2	1, 3/2, 2	1/2, 2/3, 1	2/5, 1/2, 2/3
Kalite	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 3/2, 2	5/2, 3, 7/2	5/2, 3, 7/2	1, 3/2, 2	1, 1, 1
Teslimat	1, 3/2, 2	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1
Güvenilirlik	3/2, 2, 5/2	1/2, 2/3, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 3/2, 2	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	2/5, 1/2, 2/3
Stok Durumu	2/5, 1/2, 2/3	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	1/2, 2/3, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1	1/2, 2/3, 1
Esneklik	1/2, 2/3, 1	2/7, 1/3, 2/5	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1	1/3, 2/5, 1/2
Ham Madde Kirlilik Oranı	1, 3/2, 2	1/2, 2/3, 1	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	1, 3/2, 2	1, 3/2, 2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3
Ham Madde Özelliği	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1	1, 3/2, 2	3/2, 2, 5/2	1, 3/2, 2	2, 5/2, 3	3/2, 2, 5/2	1, 1, 1

Tablo 14. Uzman 5 İkili Karşılaştırma Matrisi

UZMAN 5	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği
Fiyat	1, 1, 1	1/3, 2/5, 1/2	1/2, 2/3, 1	1/3, 2/5, 1/2	2/5, 1/2, 2/3	2/5, 1/2, 2/3	1/2, 2/3, 1	2/5, 1/2, 2/3
Kalite	2, 5/2, 3	1, 1, 1	2, 5/2, 3	1, 1, 1	2, 5/2, 3	2, 5/2, 3	3/2, 2, 5/2	1, 3/2, 2
Teslimat	1, 3/2, 2	1/3, 2/5, 1/2	1, 1, 1	1/3, 2/5, 1/2	1, 1, 1	1, 3/2, 2	1/2, 2/3, 1	2/5, 1/2, 2/3
Güvenilirlik	2, 5/2, 3	1, 1, 1	2, 5/2, 3	1, 1, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 3/2, 2
Stok Durumu	3/2, 2, 5/2	1/3, 2/5, 1/2	1, 1, 1	2/5, 1/2, 2/3	1, 1, 1	1, 3/2, 2	1/2, 2/3, 1	2/5, 1/2, 2/3
Esneklik	3/2, 2, 5/2	1/3, 2/5, 1/2	1/2, 2/3, 1	2/5, 1/2, 2/3	1/2, 2/3, 1	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1	2/5, 1/2, 2/3
Ham Madde Kirlilik Oranı	1, 3/2, 2	2/5, 1/2, 2/3	1, 3/2, 2	2/5, 1/2, 2/3	1, 3/2, 2	1, 3/2, 2	1, 1, 1	1/2, 2/3, 1
Ham Madde Özelliği	3/2, 2, 5/2	1/2, 2/3, 1	3/2, 2, 5/2	1/2, 2/3, 1	3/2, 2, 5/2	3/2, 2, 5/2	1, 3/2, 2	1, 1, 1

Tablo 11'deki verilere göre tüm kriterler için bulanık sayıların toplamı sırasıyla;

$$\begin{aligned}
&= (1, 1, 1) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus \\
&(1/2, 2/3, 1) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) = (5.57, 7.13, 9.17) \\
&= (2, 5/2, 3) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (5/2, 3, 7/2) \oplus \\
&(3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 3/2, 2) = (11.00, 14.50, 18.00) \\
&= (3/2, 2, 5/2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus \\
&(1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (8.40, 10.17, 12.17) \\
&= (1, 3/2, 2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (5/2, 3, 7/2) \oplus \\
&(1, 3/2, 2) \oplus (1, 1, 1) = (10.00, 12.17, 14.50) \\
&= (1/2, 2/3, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus \\
&(1/2, 2/3, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (4.73, 6.07, 8.17) \\
&= (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (2/7, 1/3, 2/5) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (2/7, 1/3, 2/5) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus \\
&(1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) = (3.54, 4.13, 5.13) \\
&= (1, 3/2, 2) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus \\
&(1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (6.80, 8.67, 10.83) \\
&= (2, 5/2, 3) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus \\
&(3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 1, 1) = (11.00, 13.67, 16.50)
\end{aligned}$$

Tablo 12'deki verilere göre tüm kriterler için bulanık sayıların toplamı sırasıyla;

$$\begin{aligned}
&= (1, 1, 1) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus \\
&(1, 1, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) = (6.73, 8.23, 10.17) \\
&= (2, 5/2, 3) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (5/2, 3, 7/2) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus \\
&(3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 3/2, 2) = (13.50, 17.00, 20.50) \\
&= (1, 3/2, 2) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus \\
&(1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (7.73, 9.57, 11.67) \\
&= (3/2, 2, 5/2) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (5/2, 3, 7/2) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus \\
&(3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 3/2, 2) = (10.90, 14.00, 17.17) \\
&= (1/2, 2/3, 1) \oplus (2/7, 1/3, 2/5) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (2/7, 1/3, 2/5) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus \\
&(1/2, 2/3, 1) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) = (4.24, 4.80, 5.80)
\end{aligned}$$

$$= (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (4.30, 4.87, 5.83)$$

$$= (1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) = (6.30, 7.67, 9.33)$$

$$= (1, 3/2, 2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1, 1, 1) = (9.00, 11.83, 14.50)$$

Tablo 13'deki verilere göre tüm kriterler için bulanık sayıların toplamı sırasıyla;

$$= (1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (5.70, 7.33, 9.50)$$

$$= (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (5/2, 3, 7/2) \oplus (5/2, 3, 7/2) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1, 1, 1) = (11.50, 14.00, 16.50)$$

$$= (1, 3/2, 2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) = (8.50, 10.17, 12.00)$$

$$= (3/2, 2, 5/2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (8.40, 10.67, 13.17)$$

$$= (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (2/7, 1/3, 2/5) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) = (4.59, 5.33, 6.73)$$

$$= (1/2, 2/3, 1) \oplus (2/7, 1/3, 2/5) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) = (4.42, 5.07, 6.23)$$

$$= (1, 3/2, 2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (6.30, 8.17, 10.33)$$

$$= (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 1, 1) = (10.50, 13.50, 16.50)$$

Tablo 14'deki verilere göre tüm kriterler için bulanık sayıların toplamı;

$$= (1, 1, 1) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (3.87, 4.63, 6.00)$$

$$= (2, 5/2, 3) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 3/2, 2) = (12.50, 15.50, 18.50)$$

$$= (1, 3/2, 2) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (5.57, 6.97, 8.67)$$

$$= (2, 5/2, 3) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2, 5/2, 3) \oplus (1, 1, 1) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 3/2, 2) = (11.50, 14.50, 17.50)$$

$$= (3/2, 2, 5/2) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (6.13, 7.57, 9.33)$$

$$= (3/2, 2, 5/2) \oplus (1/3, 2/5, 1/2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) = (5.13, 6.40, 8.33)$$

$$= (1, 3/2, 2) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (2/5, 1/2, 2/3) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1, 1, 1) \oplus (1/2, 2/3, 1) = (6.30, 8.67, 11.33)$$

$$= (3/2, 2, 5/2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1/2, 2/3, 1) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (3/2, 2, 5/2) \oplus (1, 3/2, 2) \oplus (1, 1, 1) = (9.00, 11.83, 15.00)$$

(2.24) numaralı eşitlik her bir kriter için yukarıdaki gibi Tablo 10, Tablo 11, Tablo 12, Tablo 13 ve Tablo 14'e uygulanarak karşılaştırma matrislerinin toplamaları elde edilmiştir. Bu toplamaların geometrik ortalamaları alınarak Tablo 15 oluşturulmuştur.

Tablo 15. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Geometrik Ortalamaları

Kriter	Geometrik Ortalama		
	Fiyat	5.64	6.90
Kalite	12.26	15.46	18.64
Teslimat	7.28	8.89	10.77
Güvenilirlik	10.30	12.92	15.68
Stok Durumu	4.84	5.79	7.21
Esneklik	4.13	4.84	6.01
Ham Madde Kirlilik Oranı	6.74	8.60	10.73
Ham Madde Özelliği	10.06	12.87	15.78
TOPLAM	61.25	76.27	93.48

Tablo 15'de bulunan verilerden yararlanarak Chang (1996)'in Genişletilmiş Analiz Yöntemine göre her bir kritere ilişkin sentez değerleri (2.23) numaralı eşitlikten hesaplanmıştır. Burada (5.64, 6.90, 8.66) Tablo 10'un birinci satırının toplamından elde edilmiştir. (1/93.48, 1/76.27, 1/61.25) ise Tablo 10'un bütün satırlarının toplamından elde edilmiştir. Benzer şekilde tüm kriterler için hesaplanan sentez değerleri aşağıda verilmiştir.

$$S_1 = (5.64, 6.90, 8.66) \otimes (1/93.48, 1/76.27, 1/61.25) = (0.06, 0.09, 0.14)$$

$$S_2 = (12.26, 15.46, 18.64) \otimes (1/93.48, 1/76.27, 1/61.25) = (0.13, 0.20, 0.30)$$

$$S_3 = (7.28, 8.89, 10.77) \otimes (1/93.48, 1/76.27, 1/61.25) = (0.08, 0.12, 0.18)$$

$$S_4 = (10.30, 12.92, 15.68) \otimes (1/93.48, 1/76.27, 1/61.25) = (0.11, 0.17, 0.26)$$

$$S_5 = (4.84, 5.79, 7.21) \otimes (1/93.48, 1/76.27, 1/61.25) = (0.05, 0.08, 0.12)$$

$$S_6 = (4.13, 4.84, 6.01) \otimes (1/93.48, 1/76.27, 1/61.25) = (0.04, 0.06, 0.10)$$

$$S_7 = (6.74, 8.60, 10.73) \otimes (1/93.48, 1/76.27, 1/61.25) = (0.07, 0.11, 0.18)$$

$$S_8 = (10.06, 12.87, 15.78) \otimes (1/93.48, 1/76.27, 1/61.25) = (0.11, 0.17, 0.26)$$

Bulanık ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen sentez değerleri kullanılarak, (2.26) ve (2.27) numaralı eşitliklere göre hesaplanan kriterlerin önem ağırlıkları (V değerleri) Tablo 16'de verilmiştir.

Tablo 16. Kriterlere İlişkin Önem Ağırlıkları

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
0.083	1.000	1.000	1.000	0.857	0.571	1.000	1.000
0.667	1.000	0.385	0.813	0.000	0.000	0.357	0.813
0.273	1.000	0.583	1.000	0.500	0.250	0.909	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	0.100	0.100	0.538	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.778	1.000	1.000	1.000	0.625	0.375	1.000	1.000
0.273	1.000	0.583	1.000	0.100	0.100	0.538	1.000

Tablo 16'de yer alan V değerleri kullanılarak (2.29) numaralı eşitlikten kriterlerin öncelik değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$d'(K_1) = (\min[V(S_1 \geq S_j)]) = 0.083$$

$$d'(K_2) = (\min[V(S_2 \geq S_j)]) = 1.000$$

$$d'(K_3) = (\min[V(S_3 \geq S_j)]) = 0.385$$

$$d'(K_4) = (\min[V(S_4 \geq S_j)]) = 0.813$$

$$d'(K_5) = (\min[V(S_5 \geq S_j)]) = 0.000$$

$$d'(K_6) = (\min[V(S_6 \geq S_j)]) = 0.000$$

$$d'(K_7) = (\min[V(S_7 \geq S_j)]) = 0.357$$

$$d'(K_8) = (\min[V(S_8 \geq S_j)]) = 0.813$$

Öncelik vektörünün hesaplanması sonucu oluşan vektör,

$W = (0.083, 1.000, 0.385, 0.813, 0.000, 0.000, 0.357, 0.813)$ şeklinde elde edilmiştir.

Bu değerlerin normalizasyonu sonucunda kriterlerin ağırlıkları elde edilmiş ve Tablo 17'da verilmiştir.

Tablo 17. Kriterlerin Ağırlıkları

Kriter No	Kriter	Kriter Ağırlığı
K1	Fiyat	0.024
K2	Kalite	0.290
K3	Teslimat	0.112
K4	Güvenilirlik	0.236
K5	Stok Durumu	0.000
K6	Esneklik	0.000
K7	Ham Madde Kirlilik Oranı	0.103
K8	Ham Madde Özelliği	0.236

Kriterlerin önem ağırlıklarına göre sıralanışı $K2 > K4 = K8 > K3 > K7 > K1 > K5 = K6$ şeklindedir.

İkili karşılaştırma matrislerinin toplamalarının geometrik ortalamaları alınarak yapılan kriter sıralamasında "stok durumu" ve "esneklik" kriterlerinin ağırlıkları sıfır olarak belirlenmiştir. Bu kriterlerin ağırlıkları bulanık VZA'da kullanılacağından kriter ağırlıklarının sıfır'dan büyük olması istenmektedir. Bu istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle ikinci bir işlem yapılmıştır. Aritmetik ortalamalar alınarak yapılan bu işlem Tablo 18- Tablo 32 arasında gösterilmiştir.

Tablo 18. Uzman 1'e Göre Bulanık Sayıların Toplamı

Kriter	Toplam		
Fiyat	6.90	7.83	9.17
Kalite	13.00	16.50	20.00
Teslimat	6.63	8.07	9.83
Güvenilirlik	11.00	13.67	16.50
Stok Durumu	4.69	5.53	6.57
Esneklik	3.49	4.07	5.03
Ham Madde Kirlilik Oranı	8.20	10.00	12.00
Ham Madde Özelliği	11.00	13.67	16.50
	64.91	79.33	95.60

Tablo 18'e göre her bir kritere ilişkin sentez değerleri (2.23) numaralı eşitlikten hesaplanmıştır.

$$S_1 = (6.90, 7.83, 9.17) \otimes (1/95.60, 1/79.33, 1/64.91) = (0.07, 0.10, 0.14)$$

$$S_2 = (13.00, 16.50, 20.00) \otimes (1/95.60, 1/79.33, 1/64.91) = (0.14, 0.21, 0.30)$$

$$S_3 = (6.63, 8.07, 9.83) \otimes (1/95.60, 1/79.33, 1/64.91) = (0.07, 0.10, 0.15)$$

$$S_4 = (11.00, 13.67, 16.50) \otimes (1/95.60, 1/79.33, 1/64.91) = (0.12, 0.17, 0.25)$$

$$S_5 = (4.69, 5.53, 6.57) \otimes (1/95.60, 1/79.33, 1/64.91) = (0.05, 0.07, 0.10)$$

$$S_6 = (3.49, 4.07, 5.03) \otimes (1/95.60, 1/79.33, 1/64.91) = (0.04, 0.05, 0.08)$$

$$S_7 = (8.20, 10.00, 12.00) \otimes (1/95.60, 1/79.33, 1/64.91) = (0.09, 0.13, 0.18)$$

$$S_8 = (11.00, 13.67, 16.50) \otimes (1/95.60, 1/79.33, 1/64.91) = (0.12, 0.17, 0.25)$$

Bulanık ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen sentez değerleri kullanılarak, (2.26) ve (2.27) numaralı eşitliklere göre hesaplanan kriterlerin önem ağırlıkları (V değerleri) Tablo 19'de verilmiştir.

Tablo 19. Kriterlere İlişkin Önem Ağırlıkları

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
0.000	1.000	1.000	1.000	0.500	0.167	1.000	1.000
1.000	1.000	0.083	0.733	0.000	0.000	0.333	0.733
0.222	1.000	0.300	1.000	0.500	0.167	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.600	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.600	1.000	1.000
0.625	1.000	0.667	1.000	0.143	0.000	1.000	1.000
0.222	1.000	0.300	1.000	0.000	0.000	0.600	1.000

Tablo 19'de yer alan V değerleri kullanılarak (2.29) numaralı eşitlikten kriterlerin öncelik değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$d'(K_1) = (\min[V(S_1 \geq S_j)]) = 0.000$$

$$d'(K_2) = (\min[V(S_2 \geq S_j)]) = 1.000$$

$$d'(K_3) = (\min[V(S_3 \geq S_j)]) = 0.083$$

$$d'(K_4) = (\min[V(S_4 \geq S_j)]) = 0.733$$

$$d'(K_5) = (\min[V(S_5 \geq S_j)]) = 0.000$$

$$d'(K_6) = (\min[V(S_6 \geq S_j)]) = 0.000$$

$$d'(K_7) = (\min[V(S_7 \geq S_j)]) = 0.333$$

$$d'(K_8) = (\min[V(S_8 \geq S_j)]) = 0.733$$

Öncelik vektörünün hesaplanması sonucu oluşan vektör,

$W = (0.000, 1.000, 0.083, 0.733, 0.000, 0.000, 0.333, 0.733)$ şeklinde elde edilmiştir.

Bu değerlerin normalizasyonu sonucunda kriterlerin öncelik değerleri elde edilmiş ve Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Kriterlerin Ağırlıkları

Kriter No	Kriter	Kriter Ağırlığı
K1	Fiyat	0.000
K2	Kalite	0.347
K3	Teslimat	0.029
K4	Güvenilirlik	0.254
K5	Stok Durumu	0.000
K6	Esneklik	0.000
K7	Ham Madde Kirlilik Oranı	0.116
K8	Ham Madde Özelliği	0.254

Kriterlerin önem ağırlıklarına göre sıralanışı $K2 > K4 = K8 > K7 > K3 > K1 = K5 = K6$ şeklindedir.

Tablo 21. Uzman 2'ye Göre Bulanık Sayıların Toplamı

Kriter	Toplam		
Fiyat	5.57	7.13	9.17
Kalite	11.00	14.50	18.00
Teslimat	8.40	10.17	12.17
Güvenilirlik	10.00	12.17	14.50
Stok Durumu	4.73	6.07	8.17
Esneklik	3.54	4.13	5.13
Ham Madde Kirlilik Oranı	6.80	8.67	10.83
Ham Madde Özelliği	11.00	13.67	16.50
	61.04	76.50	94.47

Tablo 21'e göre her bir kritere ilişkin sentez değerleri (2.23) numaralı eşitlikten hesaplanmıştır.

$$S_1 = (5.57, 7.13, 9.17) \otimes (1/94.47, 1/76.50, 1/61.04) = (0.06, 0.09, 0.15)$$

$$S_2 = (11.00, 14.50, 18.00) \otimes (1/94.47, 1/76.50, 1/61.04) = (0.12, 0.19, 0.29)$$

$$S_3 = (8.40, 10.17, 12.17) \otimes (1/94.47, 1/76.50, 1/61.04) = (0.09, 0.13, 0.20)$$

$$S_4 = (10.00, 12.17, 14.50) \otimes (1/94.47, 1/76.50, 1/61.04) = (0.11, 0.16, 0.24)$$

$$S_5 = (4.73, 6.07, 8.17) \otimes (1/94.47, 1/76.50, 1/61.04) = (0.05, 0.08, 0.13)$$

$$S_6 = (3.54, 4.13, 5.13) \otimes (1/94.47, 1/76.50, 1/61.04) = (0.04, 0.05, 0.08)$$

$$S_7 = (6.80, 8.67, 10.83) \otimes (1/94.47, 1/76.50, 1/61.04) = (0.07, 0.11, 0.18)$$

$$S_8 = (11.00, 13.67, 16.50) \otimes (1/94.47, 1/76.50, 1/61.04) = (0.12, 0.18, 0.27)$$

Bulanık ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen sentez değerleri kullanılarak, (2.26) ve (2.27) numaralı eşitliklere göre hesaplanan kriterlerin önem ağırlıkları (V değerleri) Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22. Kriterlere İlişkin Önem Ağırlıkları

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
0.231	1.000	1.000	1.000	0.875	0.333	1.000	1.000
0.600	1.000	0.571	0.632	0.083	0.000	0.429	0.938
0.364	1.000	0.750	1.000	0.444	0.000	0.818	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	0.200	0.000	0.583	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000
0.800	1.000	1.000	1.000	0.667	0.143	1.000	1.000
0.250	1.000	0.615	0.667	0.091	0.000	0.308	1.000

Tablo 22'de yer alan V değerleri kullanılarak (2.29) numaralı eşitlikten kriterlerin öncelik değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$d'(K_1) = (\min[V(S_1 \geq S_j)]) = 0.231$$

$$d'(K_2) = (\min[V(S_2 \geq S_j)]) = 1.000$$

$$d'(K_3) = (\min[V(S_3 \geq S_j)]) = 0.571$$

$$d'(K_4) = (\min[V(S_4 \geq S_j)]) = 0.632$$

$$d'(K_5) = (\min[V(S_5 \geq S_j)]) = 0.083$$

$$d'(K_6) = (\min[V(S_6 \geq S_j)]) = 0.000$$

$$d'(K_7) = (\min[V(S_7 \geq S_j)]) = 0.308$$

$$d'(K_8) = (\min[V(S_8 \geq S_j)]) = 0.938$$

Öncelik vektörünün hesaplanması sonucu oluşan vektör,

$W = (0.231, 1.000, 0.571, 0.632, 0.083, 0.000, 0.308, 0.938)$ şeklinde elde edilmiştir.

Bu değerlerin normalizasyonu sonucunda kriterlerin öncelik değerleri elde edilmiş ve Tablo 23'te verilmiştir.

Tablo 23. Kriterlerin Ağırlıkları

Kriter No	Kriter	Kriter Ağırlığı
K1	Fiyat	0.061
K2	Kalite	0.266
K3	Teslimat	0.152
K4	Güvenilirlik	0.168
K5	Stok Durumu	0.022
K6	Esneklik	0.000
K7	Ham Madde Kirlilik Oranı	0.082
K8	Ham Madde Özelliği	0.249

Kriterlerin önem ağırlıklarına göre sıralanışı $K2 > K8 > K4 > K3 > K7 > K1 > K5 > K6$ şeklindedir.

Tablo 24. Uzman 3'e Göre Bulanık Sayıların Toplamı

Kriter	Toplam		
Fiyat	6.73	8.23	10.17
Kalite	13.50	17.00	20.50
Teslimat	7.73	9.57	11.67
Güvenilirlik	10.90	14.00	17.17
Stok Durumu	4.24	4.80	5.80
Esneklik	4.30	4.87	5.83
Ham Madde Kirlilik Oranı	6.30	7.67	9.33
Ham Madde Özelliği	9.00	11.83	14.50
	62.70	77.97	94.97

Tablo 24'e göre her bir kritere ilişkin sentez değerleri (2.23) numaralı eşitlikten hesaplanmıştır.

$$S_1 = (6.73, 8.23, 10.17) \otimes (1/94.97, 1/77.97, 1/62.70) = (0.07, 0.11, 0.16)$$

$$S_2 = (13.50, 17.00, 20.50) \otimes (1/94.97, 1/77.97, 1/62.70) = (0.14, 0.22, 0.33)$$

$$S_3 = (7.73, 9.57, 11.67) \otimes (1/94.97, 1/77.97, 1/62.70) = (0.08, 0.12, 0.19)$$

$$S_4 = (10.90, 14.00, 17.17) \otimes (1/94.97, 1/77.97, 1/62.70) = (0.11, 0.18, 0.27)$$

$$S_5 = (4.24, 4.80, 5.80) \otimes (1/94.97, 1/77.97, 1/62.70) = (0.04, 0.06, 0.09)$$

$$S_6 = (4.30, 4.87, 5.83) \otimes (1/94.97, 1/77.97, 1/62.70) = (0.05, 0.06, 0.09)$$

$$S_7 = (6.30, 7.67, 9.33) \otimes (1/94.97, 1/77.97, 1/62.70) = (0.07, 0.10, 0.15)$$

$$S_8 = (9.00, 11.83, 14.50) \otimes (1/94.97, 1/77.97, 1/62.70) = (0.09, 0.15, 0.23)$$

Bulanık ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen sentez değerleri kullanılarak, (2.26) ve (2.27) numaralı eşitliklere göre hesaplanan kriterlerin önem ağırlıkları (V değerleri) Tablo 25’de verilmiştir.

Tablo 25. Kriterlere İlişkin Önem Ağırlıkları

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
0.154	1.000	1.000	1.000	0.286	0.286	0.889	1.000
0.889	1.000	0.333	0.765	0.000	0.000	0.083	0.563
0.417	1.000	0.571	1.000	0.143	0.143	0.778	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000	0.333	0.800
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	0.333	0.333	1.000	1.000
0.636	1.000	0.769	1.000	0.000	0.000	0.545	1.000

Tablo 25’de yer alan V değerleri kullanılarak (2.29) numaralı eşitlikten kriterlerin öncelik değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$d'(K_1) = (\min[V(S_1 \geq S_j)]) = 0.154$$

$$d'(K_2) = (\min[V(S_2 \geq S_j)]) = 1.000$$

$$d'(K_3) = (\min[V(S_3 \geq S_j)]) = 0.333$$

$$d'(K_4) = (\min[V(S_4 \geq S_j)]) = 0.765$$

$$d'(K_5) = (\min[V(S_5 \geq S_j)]) = 0.000$$

$$d'(K_6) = (\min[V(S_6 \geq S_j)]) = 0.000$$

$$d'(K_7) = (\min[V(S_7 \geq S_j)]) = 0.083$$

$$d'(K_8) = (\min[V(S_8 \geq S_j)]) = 0.563$$

Öncelik vektörünün hesaplanması sonucu oluşan vektör,

$W = (0.154, 1.000, 0.333, 0.765, 0.000, 0.000, 0.083, 0.563)$ şeklinde elde edilmiştir.

Bu değerlerin normalizasyonu sonucunda kriterlerin öncelik değerleri elde edilmiş ve Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. Kriterlerin Ağırlıkları

Kriter No	Kriter	Kriter Ağırlığı
K1	Fiyat	0.053
K2	Kalite	0.345
K3	Teslimat	0.115
K4	Güvenilirlik	0.264
K5	Stok Durumu	0.000
K6	Esneklik	0.000
K7	Ham Madde Kirlilik Oranı	0.029
K8	Ham Madde Özelliği	0.194

Kriterlerin önem ağırlıklarına göre sıralanışı $K2 > K4 > K8 > K3 > K1 > K7 > K5 = K6$ şeklindedir.

Tablo 27. Uzman 4'e Göre Bulanık Sayıların Toplamı

Kriter	Toplam		
Fiyat	5.70	7.33	9.50
Kalite	11.50	14.00	16.50
Teslimat	8.50	10.17	12.00
Güvenilirlik	8.40	10.67	13.17
Stok Durumu	4.59	5.33	6.73
Esneklik	4.42	5.07	6.23
Ham Madde Kirlilik Oranı	6.30	8.17	10.33
Ham Madde Özelliği	10.50	13.50	16.50
	59.90	74.23	90.97

Tablo 27'ye göre her bir kritere ilişkin sentez değerleri (2.23) numaralı eşitlikten hesaplanmıştır.

$$S_1 = (5.70, 7.33, 9.50) \otimes (1/90.97, 1/74.23, 1/59.90) = (0.06, 0.10, 0.16)$$

$$S_2 = (11.50, 14.00, 16.50) \otimes (1/90.97, 1/74.23, 1/59.90) = (0.13, 0.19, 0.28)$$

$$S_3 = (8.50, 10.17, 12.00) \otimes (1/90.97, 1/74.23, 1/59.90) = (0.09, 0.14, 0.20)$$

$$S_4 = (8.40, 10.67, 13.17) \otimes (1/90.97, 1/74.23, 1/59.90) = (0.09, 0.14, 0.22)$$

$$S_5 = (4.59, 5.33, 6.73) \otimes (1/90.97, 1/74.23, 1/59.90) = (0.05, 0.07, 0.11)$$

$$S_6 = (4.42, 5.07, 6.23) \otimes (1/90.97, 1/74.23, 1/59.90) = (0.05, 0.07, 0.10)$$

$$S_7 = (6.30, 8.17, 10.33) \otimes (1/90.97, 1/74.23, 1/59.90) = (0.07, 0.11, 0.17)$$

$$S_8 = (10.50, 13.50, 16.50) \otimes (1/90.97, 1/74.23, 1/59.90) = (0.12, 0.18, 0.28)$$

Bulanık ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen sentez değerleri kullanılarak, (2.26) ve (2.27) numaralı eşitliklere göre hesaplanan kriterlerin önem ağırlıkları (V değerleri) Tablo 28'de verilmiştir.

Tablo 28. Kriterlere İlişkin Önem Ağırlıkları

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
0.250	1.000	1.000	1.000	0.625	0.571	1.000	1.000
0.636	1.000	0.583	0.643	0.000	0.000	0.333	0.938
0.636	1.000	1.000	1.000	0.222	0.125	0.727	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	0.222	0.125	0.727	1.000
1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.900	1.000	1.000	1.000	0.500	0.429	1.000	1.000
0.333	1.000	0.667	0.714	0.000	0.000	0.417	1.000

Tablo 28'de yer alan V değerleri kullanılarak (2.29) numaralı eşitlikten kriterlerin öncelik değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$d'(K_1) = (\min[V(S_1 \geq S_j)]) = 0.250$$

$$d'(K_2) = (\min[V(S_2 \geq S_j)]) = 1.000$$

$$d'(K_3) = (\min[V(S_3 \geq S_j)]) = 0.583$$

$$d'(K_4) = (\min[V(S_4 \geq S_j)]) = 0.643$$

$$d'(K_5) = (\min[V(S_5 \geq S_j)]) = 0.000$$

$$d'(K_6) = (\min[V(S_6 \geq S_j)]) = 0.000$$

$$d'(K_7) = (\min[V(S_7 \geq S_j)]) = 0.333$$

$$d'(K_8) = (\min[V(S_8 \geq S_j)]) = 0.938$$

Öncelik vektörünün hesaplanması sonucu oluşan vektör,

$W = (0.250, 1.000, 0.583, 0.643, 0.000, 0.000, 0.333, 0.938)$ şeklinde elde edilmiştir.

Bu değerlerin normalizasyonu sonucunda kriterlerin öncelik değerleri elde edilmiş ve Tablo 29’da verilmiştir.

Tablo 29. Kriterlerin Ağırlıkları

Kriter No	Kriter	Kriter Ağırlığı
K1	Fiyat	0.067
K2	Kalite	0.267
K3	Teslimat	0.156
K4	Güvenilirlik	0.172
K5	Stok Durumu	0.000
K6	Esneklik	0.000
K7	Ham Madde Kirlilik Oranı	0.089
K8	Ham Madde Özelliği	0.250

Kriterlerin önem ağırlıklarına göre sıralanışı $K2 > K4 > K8 > K3 > K1 > K7 > K5 = K6$ şeklindedir.

Tablo 30. Uzman 5’e Göre Bulanık Sayıların Toplamı

Kriter	Toplam		
Fiyat	3.87	4.63	6.00
Kalite	12.50	15.50	18.50
Teslimat	5.57	6.97	8.67
Güvenilirlik	11.50	14.50	17.50
Stok Durumu	6.13	7.57	9.33
Esneklik	5.13	6.40	8.33
Ham Madde Kirlilik Oranı	6.30	8.67	11.33
Ham Madde Özelliği	9.00	11.83	15.00
	60.00	76.07	94.67

Tablo 30’a göre her bir kritere ilişkin sentez değerleri (2.23) numaralı eşitlikten hesaplanmıştır.

$$S_1 = (3.87, 4.63, 6.00) \otimes (1/94.67, 1/76.07, 1/60.00) = (0.04, 0.06, 0.10)$$

$$S_2 = (12.50, 15.50, 18.50) \otimes (1/94.67, 1/76.07, 1/60.00) = (0.13, 0.20, 0.31)$$

$$S_3 = (5.57, 6.97, 8.67) \otimes (1/94.67, 1/76.07, 1/60.00) = (0.06, 0.09, 0.14)$$

$$S_4 = (11.50, 14.50, 17.50) \otimes (1/94.67, 1/76.07, 1/60.00) = (0.12, 0.19, 0.29)$$

$$S_5 = (6.13, 7.57, 9.33) \otimes (1/94.67, 1/76.07, 1/60.00) = (0.06, 0.10, 0.16)$$

$$S_6 = (5.13, 6.40, 8.33) \otimes (1/94.67, 1/76.07, 1/60.00) = (0.05, 0.08, 0.14)$$

$$S_7 = (6.30, 8.67, 11.33) \otimes (1/94.67, 1/76.07, 1/60.00) = (0.07, 0.11, 0.19)$$

$$S_8 = (9.00, 11.83, 15.00) \otimes (1/94.67, 1/76.07, 1/60.00) = (0.10, 0.16, 0.25)$$

Bulanık ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen sentez değerleri kullanılarak, (2.26) ve (2.27) numaralı eşitliklere göre hesaplanan kriterlerin önem ağırlıkları (V değerleri) Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 31. Kriterlere İlişkin Önem Ağırlıkları

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.571	1.000	0.083	0.941	0.231	0.077	0.400	0.750
0.000	1.000	0.167	1.000	1.000	0.727	1.000	1.000
0.500	1.000	0.889	1.000	0.308	0.154	0.467	0.813
0.714	1.000	1.000	1.000	1.000	0.800	1.000	1.000
0.375	1.000	0.778	1.000	0.900	0.700	1.000	1.000
0.000	1.000	0.364	1.000	0.500	0.333	0.643	1.000

Tablo 31’de yer alan V değerleri kullanılarak (2.29) numaralı eşitlikten kriterlerin öncelik değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$d'(K_1) = (\min[V(S_1 \geq S_j)]) = 0.000$$

$$d'(K_2) = (\min[V(S_2 \geq S_j)]) = 1.000$$

$$d'(K_3) = (\min[V(S_3 \geq S_j)]) = 0.083$$

$$d'(K_4) = (\min[V(S_4 \geq S_j)]) = 0.941$$

$$d'(K_5) = (\min[V(S_5 \geq S_j)]) = 0.231$$

$$d'(K_6) = (\min[V(S_6 \geq S_j)]) = 0.077$$

$$d'(K_7) = (\min[V(S_7 \geq S_j)]) = 0.400$$

$$d'(K_8) = (\min[V(S_8 \geq S_j)]) = 0.750$$

Öncelik vektörünün hesaplanması sonucu oluşan vektör,

$W = (0.000, 1.000, 0.083, 0.941, 0.231, 0.077, 0.400, 0.750)$ şeklinde elde edilmiştir.

Bu değerlerin normalizasyonu sonucunda kriterlerin öncelik değerleri elde edilmiş ve Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 32. Kriterlerin Ağırlıkları

Kriter No	Kriter	Kriter Ağırlığı
K1	Fiyat	0.000
K2	Kalite	0.287
K3	Teslimat	0.024
K4	Güvenilirlik	0.270
K5	Stok Durumu	0.066
K6	Esneklik	0.022
K7	Ham Madde Kirlilik Oranı	0.115
K8	Ham Madde Özelliği	0.215

Kriterlerin önem ağırlıklarına göre sıralanışı $K2 > K4 > K8 > K7 > K5 > K3 > K6 > K1$ şeklindedir.

Beş farklı uzman görüşüne ilişkin kriter ağırlıklarının ortalamaları alınarak Tablo 33 oluşturulmuştur.

Tablo 33. Kriter Ağırlıklarının Ortalamaları

KRİTER	UZMAN 1	UZMAN 2	UZMAN 3	UZMAN 4	UZMAN 5	ORTALAMA
Fiyat	0.000	0.061	0.053	0.067	0.000	0.036
Kalite	0.347	0.266	0.345	0.267	0.287	0.302
Teslimat	0.029	0.152	0.115	0.156	0.024	0.095
Güvenilirlik	0.254	0.168	0.264	0.172	0.270	0.226
Stok Durumu	0.000	0.022	0.000	0.000	0.066	0.018
Esneklik	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.004
Ham Madde Kirlilik Oranı	0.116	0.082	0.029	0.089	0.115	0.086
Ham Madde Özelliği	0.254	0.249	0.194	0.250	0.215	0.233

Kriterlerin önem ağırlıklarına göre sıralanışı $K2 > K8 > K4 > K3 > K7 > K1 > K5 > K6$ şeklindedir. Bu kriter ağırlıkları bulanık VZA’da veri olarak kullanılacaktır.

3.6.2. Tutarlılık Oranının Hesaplanması

Beş farklı firma uzmanı belirlenen kriterleri Saaty (1990) tarafından geliştirilen ve Tablo 2’de gösterilen ölçeğe göre karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırma matrisleri sırasıyla Tablo 34, Tablo 35, Tablo 36, Tablo 37 ve Tablo 38’de gösterilmiştir.

Tablo 34. Uzman 1 İkili Karşılaştırma Matrisi

UZMAN 1	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği
Fiyat	1	1/5	1	1/3	1	5	1	1/3
Kalite	5	1	7	3	9	9	5	3
Teslimat	1	1/7	1	1/5	5	5	1/3	1/5
Güvenilirlik	3	1/3	5	1	7	9	5	1
Stok Durumu	1	1/9	1/5	1/7	1	3	1/7	1/7
Esneklik	1/5	1/9	1/5	1/9	1/3	1	1/7	1/9
Ham Madde Kirlilik Oranı	1	1/5	3	1/5	7	7	1	1/5
Ham Madde Özelliği	3	1/3	5	1	7	9	5	1

Tablo 35. Uzman 2 İkili Karşılaştırma Matrisi

UZMAN 2	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği
Fiyat	1	1/7	1/5	1/3	3	5	1/3	1/7
Kalite	7	1	3	3	3	9	5	3
Teslimat	5	1/3	1	1	3	7	1	1/5
Güvenilirlik	3	1/3	1	1	7	9	3	1
Stok Durumu	1/3	1/3	1/3	1/7	1	3	1/3	1/5
Esneklik	1/5	1/9	1/7	1/9	1/3	1	1/5	1/7
Ham Madde Kirlilik Oranı	3	1/5	1	1/3	3	5	1	1/5
Ham Madde Özelliği	7	1/3	5	1	5	7	5	1

Tablo 36. Uzman 3 İkili Karşılaştırma Matrisi

UZMAN 3	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği
Fiyat	1	1/7	1/3	1/5	3	7	1	1/3
Kalite	7	1	7	5	9	7	5	3
Teslimat	3	1/7	1	1/3	7	5	1	1/5
Güvenilirlik	5	1/5	3	1	9	7	5	3
Stok Durumu	1/3	1/9	1/7	1/9	1	1	1/3	1/7
Esneklik	1/7	1/7	1/5	1/7	1	1	1/3	1/5
Ham Madde Kirlilik Oranı	1	1/5	1	1/5	3	3	1	1/3
Ham Madde Özelliği	3	1/3	5	1/3	7	5	3	1

Tablo 37. Uzman 4 İkili Karşılaştırma Matrisi

UZMAN 4	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği
Fiyat	1	1/5	1/3	1/5	5	3	1/3	1/5
Kalite	5	1	1	3	9	9	3	1
Teslimat	3	1	1	1	5	5	1	1/3
Güvenilirlik	5	1/3	1	1	3	5	5	1/5
Stok Durumu	1/5	1/9	1/5	1/3	1	1	1/3	1/3
Esneklik	1/3	1/9	1/5	1/5	1	1	1/3	1/7
Ham Madde Kirlilik Oranı	3	1/3	1	1/5	3	3	1	1/5
Ham Madde Özelliği	5	1	3	5	3	7	5	1

Tablo 38. Uzman 5 İkili Karşılaştırma Matrisi

UZMAN 5	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği
Fiyat	1	1/7	1/3	1/7	1/5	1/5	1/3	1/5
Kalite	7	1	7	1	7	7	5	3
Teslimat	3	1/7	1	1/7	1	3	1/3	1/5
Güvenilirlik	7	1	7	1	7	7	5	3
Stok Durumu	5	1/7	1	1/7	1	3	1/3	1/5
Esneklik	5	1/7	1/3	1/7	1/3	1	1/3	1/5
Ham Madde Kirlilik Oranı	3	1/5	3	1/5	3	3	1	1/3
Ham Madde Özelliği	5	1/3	5	1/3	5	5	3	1

AHP’de birden fazla karar vericinin olduğu ve bu karar vericilerin eşit öneme sahip olduğu durumlarda grup kararının elde edilmesi için çoğunlukla geometrik ortalama kullanılmaktadır (Ramanathan ve Ganesh, 1994: 252; Tezsürücü, 2013: 132). Bu amaçla beş farklı uzmanın ikili karşılaştırma matrislerinin geometrik ortalaması alınmıştır. Geometrik ortalamalar alınarak oluşturulan bu yeni ikili karşılaştırmalar matrisinde her sütunun toplamı alınmış ve Tablo 39 elde edilmiştir. Bundan sonraki yapılacak olan hesaplamalarda Tablo 39’da bulunan değerler kullanılacaktır.

Tablo 39. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Geometrik Ortalama Değerleri

	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği
Fiyat	1.000	0.163	0.375	0.229	1.552	2.537	0.517	0.229
Kalite	6.119	1.000	4.004	2.667	6.871	8.139	4.514	2.408
Teslimat	2.667	0.250	1.000	0.394	3.500	4.829	0.644	0.222
Güvenilirlik	4.360	0.375	2.537	1.000	5.809	6.766	4.514	1.125
Stok Durumu	0.644	0.146	0.286	0.172	1.000	1.933	0.281	0.194
Esneklik	0.394	0.123	0.207	0.148	0.517	1.000	0.254	0.155
Ham Madde Kirlilik Oranı	1.933	0.222	1.552	0.222	3.554	3.936	1.000	0.245
Ham Madde Özelliği	4.360	0.415	4.514	0.889	5.165	6.434	4.076	1.000
TOPLAM	21.48	2.69	14.47	5.72	27.97	35.57	15.80	5.58

Tablo 39'daki değerlerin normalize edilmesi gerekmektedir. Matrisin normalize edilebilmesi için her sütun için sütun toplamı alınarak matris elemanı ilgili sütun toplamına bölünmektedir. Normalizasyon sonrası Tablo 40 elde edilmiştir.

Tablo 40. Normalize Edilmiş Matris

	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği
Fiyat	0.047	0.061	0.026	0.040	0.055	0.071	0.033	0.041
Kalite	0.285	0.371	0.277	0.466	0.246	0.229	0.286	0.432
Teslimat	0.124	0.093	0.069	0.069	0.125	0.136	0.041	0.040
Güvenilirlik	0.203	0.139	0.175	0.175	0.208	0.190	0.286	0.202
Stok Durumu	0.030	0.054	0.020	0.030	0.036	0.054	0.018	0.035
Esneklik	0.018	0.046	0.014	0.026	0.018	0.028	0.016	0.028
Ham Madde Kirlilik Oranı	0.090	0.082	0.107	0.039	0.127	0.111	0.063	0.044
Ham Madde Özelliği	0.203	0.154	0.312	0.155	0.185	0.181	0.258	0.179

Daha sonra ise normalize edilmiş matriste yer alan her bir kriter için satır toplamı alınmıştır. Her bir satırın ortalaması alınarak kriterlerin öncelik değerleri (*ÖD*) elde edilmiştir. Öncelik değerlerinin oluşturduğu ve öncelik vektör matrisi olarak adlandırılan bu matris Tablo 41’de gösterilmiştir.

Tablo 41. Öncelik Matris Değerleri

	Sütun Toplamı	Öncelik Değerleri
Fiyat	0.374	0.047
Kalite	2.591	0.324
Teslimat	0.696	0.087
Güvenilirlik	1.577	0.197
Stok Durumu	0.276	0.035
Esneklik	0.195	0.024
Ham Madde Kirlilik Oranı	0.663	0.083
Ham Madde Özelliği	1.627	0.203

Öncelik vektör matrisinde bulunan her bir kriterin öncelik değeri ile ikili karşılaştırma matrisinde (Tablo 39) o kritere ait tüm sütun matris değerleri çarpılarak ağırlıklandırılmış toplam matris değerleri elde edilmiştir. Ağırlıklandırılmış toplam matris değerleri (*ATMD*) Tablo 42’de gösterilmiştir.

Tablo 42. Ağırlıklandırılmış Toplam Matris Değerleri

GEOMETRİK ORTALAMA	Fiyat	Kalite	Teslimat	Güvenilirlik	Stok Durumu	Esneklik	Ham Madde Kirlilik Oranı	Ham Madde Özelliği	Ağırlıklı Toplam Matris Değerleri
Fiyat	0.047	0.053	0.033	0.045	0.054	0.062	0.043	0.047	0.382
Kalite	0.286	0.324	0.348	0.526	0.237	0.198	0.374	0.490	2.784
Teslimat	0.125	0.081	0.087	0.078	0.121	0.117	0.053	0.045	0.707
Güvenilirlik	0.204	0.121	0.221	0.197	0.201	0.165	0.374	0.229	1.712
Stok Durumu	0.030	0.047	0.025	0.034	0.035	0.047	0.023	0.039	0.280
Esneklik	0.018	0.040	0.018	0.029	0.018	0.024	0.021	0.032	0.200
Ham Madde Kirlilik Oranı	0.090	0.072	0.135	0.044	0.123	0.096	0.083	0.050	0.692
Ham Madde Özelliği	0.204	0.134	0.393	0.175	0.179	0.157	0.338	0.203	1.783

Daha sonra Tablo 42’de bulunan satır değerleri öncelik vektör matrisinde (Tablo 41) kendisine karşılık gelen öncelik değerlerine bölünmüştür. Bulunan sonuçların ortalaması alınarak (λ_{\max}) elde edilmiştir.

$$\lambda_{\max} = (8.183 + 8.596 + 8.126 + 8.680 + 8.112 + 8.230 + 8.351 + 8.765) / 8$$

$$= (67.042) / 8 = 8.380$$

Tutarlılık İndeksi (*CI*) ise (1.5) numaralı eşitlik kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{8.380 - 8}{8 - 1} = \frac{0.380}{7} = 0.054$$

Burada karşılaştırılan kriter sayısı 8 olduğundan $n = 8$ olarak alınmıştır. Tutarlılık Oranı (*CO*) ise (1.6) numaralı eşitlik kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$CO = \frac{CI}{RI} = \frac{0.054}{1.40} = 0.039$$

olarak bulunmuştur. Tutarlık Oranının 0.10'dan küçük

olması, elde edilen sonuçların kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu ifade etmektedir.

Rassal İndeks (*RI*) değerleri tablosuna (Tablo 3'e) göre, $n = 8$ için (*RI*) tablo değeri 1.40'dır.

Tablo 39'daki değerler kullanılarak yapılan Tutarlılık Oranına ilişkin hesaplamalar benzer şekilde her bir uzman için Tablo 34, Tablo 35, Tablo 36, Tablo 37 ve Tablo 38'deki değerler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda Tablo 43, Tablo 44, Tablo 45, Tablo 46 ve Tablo 47 elde edilmiştir.

Tablo 43. Tutarlılık Oranı (Tablo 34'deki Değerlere Göre)

Kriter	ÖD	ATMD	ATMD/ÖD
Fiyat	0.061	0.536	8.724
Kalite	0.346	3.169	9.161
Teslimat	0.062	0.536	8.698
Güvenilirlik	0.194	1.850	9.546
Stok Durumu	0.033	0.268	8.060
Esneklik	0.018	0.148	8.306
Ham Madde Kirlilik Oranı	0.092	0.843	9.124
Ham Madde Özelliği	0.194	1.850	9.546
$\lambda_{\max} = 8.896$; $CI = 0.128$; $CO = 0.091$ ($CO < 0.10$ olduğundan karşılaştırmalar tutarlıdır.)			

Tablo 44. Tutarlılık Oranı (Tablo 35'deki Değerlere Göre)

Kriter	ÖD	ATMD	ATMD/ÖD
Fiyat	0.053	0.452	8.485
Kalite	0.306	2.872	9.369
Teslimat	0.113	1.026	9.060
Güvenilirlik	0.162	1.466	9.067
Stok Durumu	0.043	0.350	8.217
Esneklik	0.018	0.160	8.656
Ham Madde Kirlilik Oranı	0.080	0.734	9.130
Ham Madde Özelliği	0.224	2.171	9.699
$\lambda_{\max} = 8.960$; $CI = 0.137$; $CO = 0.098$ ($CO < 0.10$ olduğundan karşılaştırmalar tutarlıdır.)			

Tablo 45. Tutarlılık Oranı (Tablo 36'deki Değerlere Göre)

Kriter	ÖD	ATMD	ATMD/ÖD
Fiyat	0.066	0.543	8.226
Kalite	0.368	3.666	9.956
Teslimat	0.089	0.782	8.813
Güvenilirlik	0.215	2.023	9.390
Stok Durumu	0.022	0.189	8.450
Esneklik	0.025	0.209	8.433
Ham Madde Kirlilik Oranı	0.060	0.524	8.741
Ham Madde Özelliği	0.155	1.451	9.379
$\lambda_{\max} = 8.924$; $CI = 0.132$; $CO = 0.094$ ($CO < 0.10$ olduğundan karşılaştırmalar tutarlıdır.)			

Tablo 46. Tutarlılık Oranı (Tablo 37'deki Değerlere Göre)

Kriter	ÖD	ATMD	ATMD/ÖD
Fiyat	0.061	0.516	8.445
Kalite	0.239	2.183	9.118
Teslimat	0.134	1.180	8.800
Güvenilirlik	0.143	1.373	9.612
Stok Durumu	0.034	0.295	8.608
Esneklik	0.026	0.231	8.723
Ham Madde Kirlilik Oranı	0.084	0.747	8.902
Ham Madde Özelliği	0.278	2.647	9.524
$\lambda_{\max} = 8.966$; $CI = 0.138$; $CO = 0.099$ ($CO < 0.10$ olduğundan karşılaştırmalar tutarlıdır.)			

Tablo 47. Tutarlılık Oranı (Tablo 38'deki Değerlere Göre)

Kriter	ÖD	ATMD	ATMD/ÖD
Fiyat	0.024	0.205	8.441
Kalite	0.297	2.752	9.275
Teslimat	0.052	0.462	8.908
Güvenilirlik	0.276	2.540	9.189
Stok Durumu	0.061	0.527	8.626
Esneklik	0.045	0.362	8.076
Ham Madde Kirlilik Oranı	0.085	0.799	9.386
Ham Madde Özelliği	0.160	1.516	9.501
$\lambda_{\max} = 8.925$; $CI = 0.132$; $CO = 0.094$ ($CO < 0.10$ olduğundan karşılaştırmalar tutarlıdır.)			

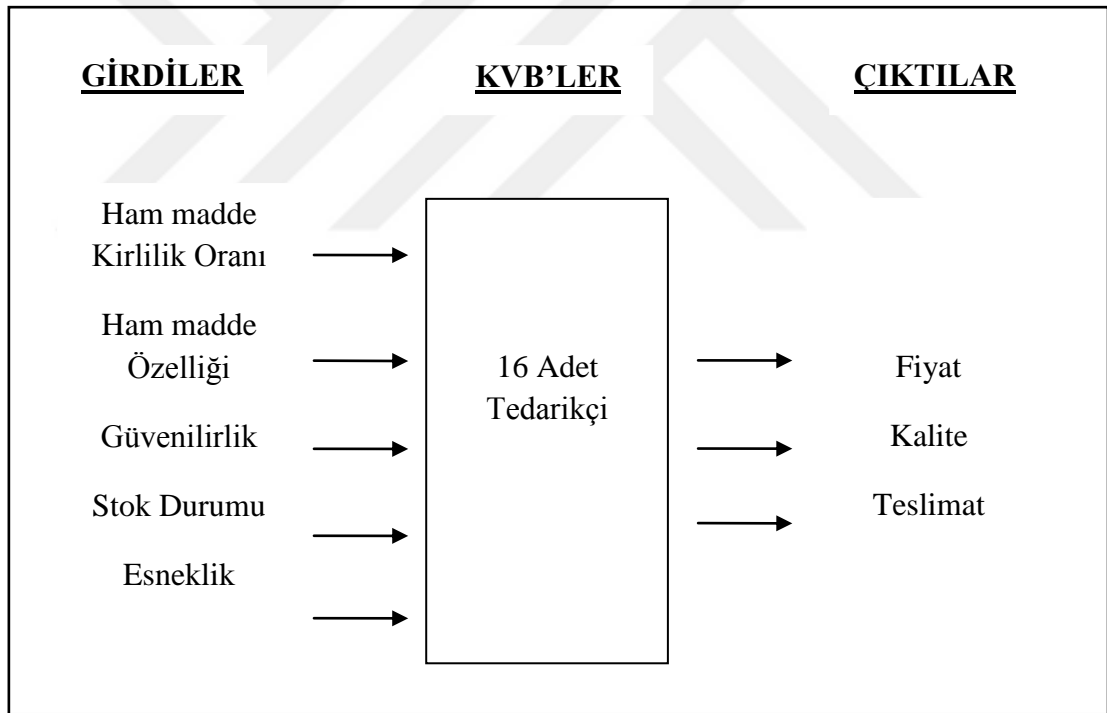
Her bir karar verici (uzman) tarafından yapılan ikili karşılaştırmalara ilişkin Tutarlılık Oranları'nın 0.10'dan küçük olması karşılaştırmaların tutarlı olduğunu ifade etmektedir.

3.7. BULANIK VZA UYGULAMASI

Literatürde fiyat, kalite ve teslimat kriterlerinin çıktı değişkeni olarak kullanıldığı tedarikçi seçimi ve değerlendirmesine yönelik VZA çalışmalarına rastlamak mümkündür (Talluri ve Narasimhan, 2004: 243-248; Ramanathan, 2007: 260;

Tezsürücü, 2013: 128-130; Shiraz, 2014: 86; Radfar ve Salahi, 2014: 194-195; Dotoli vd., 2016: 740-742).

Tedarikçi seçim kriterleri için uzmanların görüşleri; "kalite", "fiyat" ve "teslimat" kriterlerinin çok önemli olduğu ve tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi sürecinde mutlaka kullanılması yönündedir. Bu nedenle "kalite", "fiyat" ve "teslimat" kriterleri bulanık VZA'da çıktı değişkenleri olarak belirlenmiştir. Tablo 33'te bulunan "güvenilirlik", "stok durumu", "esneklik", "ham madde kirlilik oranı" ve "ham madde özelliği" kriterleri bulanık VZA'da kullanılacak girdi değişkenleri olarak belirlenmiştir. Karar verme birimlerinin (tedarikçilerin) performanslarının girdi ve çıktı değişkenleri kullanılarak değerlendirileceği bir bulanık VZA modeline ihtiyaç vardır. Uygulama için oluşturulan bulanık VZA modeli şekil 15'de gösterilmiştir.



Şekil 15. Bulanık VZA Modeli

Çalışmanın bulanık VZA uygulama kısmında Türkiye'de elyaf sektöründe faaliyet gösteren 16 firmanın farklı α -kesimlerinde ($\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$) bulanık etkinliğinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak literatürde yaygın olarak kullanılan Saati-Memariani-Jahanshahloo, Kao-Liu, Wang-Greatbanks-Yang ve Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle modellerinden faydalanılmıştır (Marbini,

Emrouznejad ve Tavana, 2011: 457-472; Chang ve Lee, 2012: 113-114; Emrouznejad ve Tavana, 2014: 1-288).

Bulanık VZA modelini çözmek için literatürde 6 farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar, tolerans yaklaşımı, α –kesim seviyesine dayalı yaklaşım, bulanık sıralama yaklaşımı, olasılık yaklaşımı, bulanık aritmetik yaklaşım ve bulanık rastgele/tip 2 bulanık kümeler yaklaşımlarıdır. α –kesim seviyesine dayalı yaklaşım literatürde yaygın olarak kullanılan yaklaşımlardan birisidir (Marbini, Emrouznejad ve Tavana, 2011: 461; Emrouznejad ve Tavana, 2014: 1-45; Wanke, Barros ve Nwaogbe, 2016: 13; Marbini vd., 2017: 2765).

Literatürde karar verme birimlerinin etkinliklerinin her bir α –kesim düzeyi için etkinlik skorları ve etkinlik sıralarının değerlendirildiği çalışmalara rastlamak mümkündür (Wang, Greatbanks ve Yang, 2005: 368; Özyiğit, Serarslan ve Karsak, 2008: 64; Saati ve Memariani, 2009: 356; Şafak, 2009: 304; Oruç ve Güngör, 2010: 442; Kuo, Lee ve Hu, 2010: 480; Angiz, Emrouznejad ve Mustafa 2012: 2267; Marbini vd., 2013: 429; Emrouznejad ve Tavana, 2014: 137; Loron, Loron ve Peyvandi, 2015: 388; Ignatius vd., 2016: 433; Çağlar ve Öztaş, 2016: 238; Hemmati vd, 2016: 300; Yeşilaydın ve Alptekin, 2016: 220; Wanke, Barros ve Nwaogbe, 2016: 15; Öksüzokaya, 2017: 139; Marbini vd., 2017: 2776).

Etkinlik ölçümünde LINGO 17.0 paket programı kullanılmıştır. Bulanık VZA’da kullanılacak girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin veri setinin oluşturulması için 16 farklı elyaf tedarikçisi 5 farklı firma satın alma uzmanı tarafından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerin aritmetik ve geometrik ortalamaları alınarak girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin veriler elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler bulanık AHP sonucu elde edilen her bir kriter ağırlıkları ile çarpılarak bulanık VZA’da kullanılacak girdi ve çıktı değişkenleri için veri setinin son hali oluşturulmuştur. Bu veri seti bulanık VZA’da kullanılarak 16 adet tedarikçinin performans değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

3.7.1. Bulanık VZA Uygulaması Veri Setinin Oluşturulması

Literatürde bulanık VZA uygulamalarında kullanılan üçgen bulanık sayıların yer aldığı farklı dilsel değerlendirme skalalarına rastlamak mümkündür (Loron, Loron ve Peyvandi, 2015: 385; Hemmati vd., 2016: 293; Tavakoli, Molavi ve Shirouyehzad, 2017: 9; Dursun, Sener ve Cedolin, 2017:1-4).

Bulanık VZA uygulamasının bu aşamasında 16 farklı tedarikçi firma Tablo 48’de gösterilen ve bulanık üçgen sayılar olarak kullanılarak oluşturulan dilsel değerlendirme skalasına (çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek) göre değerlendirilmiştir.

Tablo 48. Bulanık Dilsel Değerlendirme Skalası

Dilsel Değerlendirme	Bulanık Üçgen Sayılar
Çok Düşük	(1, 1, 3)
Düşük	(1, 3, 5)
Orta	(3, 5, 7)
Yüksek	(5, 7, 9)
Çok Yüksek	(7, 9, 9)

Kaynak: Emrouznejad ve Tavana, 2014: 277

16 tedarikçi firma 8 kritere göre uzmanlar tarafından değerlendirilerek bulanık VZA’da kullanılacak girdi ve çıktı değişkenlerine ilişkin veriler elde edilmiştir. Elde edilen verilerin aritmetik ve geometrik ortalamaları alınmıştır. Girdi ve çıktı verilerine ilişkin aritmetik ortalamalar Tablo 49’de, girdi ve çıktı verilerine ilişkin geometrik ortalamalar ise Tablo 50’de gösterilmiştir.

Tablo 49. Girdi ve Çıktı Değişkenleri Aritmetik Ortalaması (Bulanık AHP Ağırlıkları Dahil Edilmemiştir)

KVB	GİRDİLER															ÇIKTILAR								
	Ham madde kirlilik oranı			Ham madde özelliği			Güvenilirlik			Stok durumu			Esneklik			Fiyat			Kalite			Teslimat		
T1	1.40	3.40	5.40	3.00	5.00	7.00	2.60	4.60	6.60	1.00	2.60	4.60	2.60	4.60	6.60	3.00	5.00	7.00	2.60	4.60	6.60	3.00	5.00	7.00
T2	1.80	3.80	5.80	4.20	6.20	8.20	3.40	5.40	7.40	1.00	2.60	4.60	2.60	4.60	6.60	3.00	5.00	7.00	3.40	5.40	7.40	2.20	4.20	6.20
T3	2.20	4.20	6.20	4.20	6.20	8.20	4.20	6.20	8.20	2.20	3.80	5.80	3.40	5.40	7.40	3.80	5.80	7.80	3.80	5.80	7.80	3.40	5.40	7.40
T4	1.80	3.80	5.80	3.40	5.40	7.40	3.40	5.40	7.40	1.40	3.00	5.00	3.00	5.00	7.00	3.40	5.40	7.40	3.40	5.40	7.40	3.80	5.80	7.80
T5	2.60	4.60	6.60	4.60	6.60	8.60	4.60	6.60	8.60	2.60	4.60	6.60	4.60	6.60	8.60	3.40	5.40	7.40	4.60	6.60	8.60	3.80	5.80	7.80
T6	3.80	5.80	7.80	5.40	7.40	9.00	5.00	7.00	9.00	3.00	5.00	7.00	4.60	6.60	8.60	3.40	5.40	7.40	5.00	7.00	9.00	3.80	5.80	7.80
T7	3.80	5.80	7.80	5.00	7.00	8.60	4.60	6.60	8.20	2.20	4.20	6.20	3.80	5.80	7.80	3.40	5.40	7.40	4.20	6.20	8.20	4.60	6.60	8.60
T8	5.00	7.00	8.60	6.60	8.60	9.00	5.80	7.80	8.60	4.20	6.20	7.80	5.00	7.00	8.60	3.80	5.80	7.80	6.20	8.20	9.00	4.60	6.60	8.60
T9	4.20	6.20	8.20	5.80	7.80	9.00	5.40	7.40	8.60	3.40	5.40	7.40	4.60	6.60	8.60	3.40	5.40	7.40	5.80	7.80	9.00	4.60	6.60	8.20
T10	1.80	3.80	5.80	3.40	5.40	7.40	3.40	5.40	7.40	1.40	3.40	5.40	3.00	5.00	7.00	1.40	3.40	5.40	3.40	5.40	7.40	2.60	4.60	6.60
T11	2.60	4.60	6.60	3.00	5.00	7.00	3.40	5.40	7.40	1.80	3.40	5.40	3.40	5.40	7.40	2.20	4.20	6.20	3.40	5.40	7.40	3.40	5.40	7.40
T12	3.80	5.80	7.80	5.80	7.80	9.00	4.60	6.60	8.20	3.40	5.40	7.40	4.60	6.60	8.20	3.40	5.40	7.40	4.60	6.60	8.20	3.80	5.80	7.40
T13	3.40	5.40	7.40	4.60	6.60	8.60	4.20	6.20	8.20	2.60	4.60	6.60	3.80	5.80	7.80	2.20	4.20	6.20	4.20	6.20	8.20	3.40	5.40	7.40
T14	3.80	5.80	7.80	5.40	7.40	8.60	5.00	7.00	8.20	2.60	4.60	6.60	3.80	5.80	7.80	1.80	3.80	5.80	5.40	7.40	8.60	3.80	5.80	7.80
T15	1.80	3.80	5.80	3.40	5.40	7.40	4.20	6.20	7.80	1.00	2.20	4.20	2.20	4.20	6.20	1.80	3.80	5.80	3.00	5.00	7.00	3.00	5.00	7.00
T16	2.60	4.60	6.60	4.60	6.60	8.60	4.20	6.20	8.20	2.20	4.20	6.20	3.80	5.80	7.80	3.00	5.00	7.00	4.60	6.60	8.60	3.40	5.40	7.40

Tablo 50. Girdi ve Çıktı Değişkenleri Geometrik Ortalaması (Bulanık AHP Ağırlıkları Dahil Edilmemiştir)

KVB	GİRDİLER															ÇIKTILAR								
	Ham madde kirlilik oranı			Ham madde özelliği			Güvenilirlik			Stok durumu			Esneklik			Fiyat			Kalite			Teslimat		
T1	1.25	3.32	5.35	2.67	4.83	6.88	2.41	4.51	6.54	1.00	2.41	4.51	2.41	4.51	6.54	2.37	4.66	6.77	2.14	4.36	6.43	2.67	4.83	6.88
T2	1.55	3.68	5.72	4.08	6.12	8.14	3.32	5.35	7.36	1.00	2.41	4.51	2.41	4.51	6.54	2.67	4.83	6.88	2.95	5.16	7.24	1.93	4.08	6.12
T3	1.93	4.08	6.12	4.08	6.12	8.14	4.08	6.12	8.14	1.72	3.16	5.43	2.95	5.16	7.24	3.68	5.72	7.74	3.68	5.72	7.74	3.32	5.35	7.36
T4	1.55	3.68	5.72	3.32	5.35	7.36	3.32	5.35	7.36	1.25	2.67	4.83	2.67	4.83	6.88	3.32	5.35	7.36	3.32	5.35	7.36	3.27	5.52	7.61
T5	2.41	4.51	6.54	4.51	6.54	8.56	4.51	6.54	8.56	2.14	4.36	6.43	4.51	6.54	8.56	3.32	5.35	7.36	4.51	6.54	8.56	3.68	5.72	7.74
T6	3.68	5.72	7.74	5.35	7.36	9.00	5.00	7.00	9.00	2.67	4.83	6.88	4.51	6.54	8.56	3.32	5.35	7.36	5.00	7.00	9.00	3.68	5.72	7.74
T7	3.68	5.72	7.74	4.83	6.88	8.56	4.36	6.43	8.14	1.93	4.08	6.12	3.68	5.72	7.74	3.32	5.35	7.36	4.08	6.12	8.14	4.51	6.54	8.56
T8	4.83	6.88	8.56	6.54	8.56	9.00	5.52	7.61	8.56	3.94	6.02	7.74	4.83	6.88	8.56	3.27	5.52	7.61	6.12	8.14	9.00	4.51	6.54	8.56
T9	4.08	6.12	8.14	5.72	7.74	9.00	5.16	7.24	8.56	3.32	5.35	7.36	4.51	6.54	8.56	3.32	5.35	7.36	5.72	7.74	9.00	4.36	6.43	8.14
T10	1.55	3.68	5.72	3.32	5.35	7.36	3.32	5.35	7.36	1.25	3.32	5.35	3.00	5.00	7.00	1.25	3.32	5.35	3.32	5.35	7.36	2.14	4.36	6.43
T11	2.14	4.36	6.43	2.67	4.83	6.88	3.32	5.35	7.36	1.55	2.95	5.16	2.95	5.16	7.24	1.93	4.08	6.12	3.32	5.35	7.36	2.95	5.16	7.24
T12	3.68	5.72	7.74	5.72	7.74	9.00	4.36	6.43	8.14	2.95	5.16	7.24	4.36	6.43	8.14	2.95	5.16	7.24	4.36	6.43	8.14	3.16	5.43	7.24
T13	3.32	5.35	7.36	4.51	6.54	8.56	4.08	6.12	8.14	2.14	4.36	6.43	3.68	5.72	7.74	1.93	4.08	6.12	4.08	6.12	8.14	2.95	5.16	7.24
T14	3.68	5.72	7.74	5.16	7.24	8.56	4.66	6.77	8.14	2.14	4.36	6.43	3.68	5.72	7.74	1.55	3.68	5.72	5.16	7.24	8.56	3.68	5.72	7.74
T15	1.55	3.68	5.72	3.32	5.35	7.36	3.94	6.02	7.74	1.00	1.93	4.08	1.93	4.08	6.12	1.55	3.68	5.72	2.67	4.83	6.88	2.67	4.83	6.88
T16	2.41	4.51	6.54	4.51	6.54	8.56	4.08	6.12	8.14	1.72	3.94	6.02	3.68	5.72	7.74	2.67	4.83	6.88	4.51	6.54	8.56	2.95	5.16	7.24

Tablo 51. Girdi ve Çıktı Değişken Verileri Aritmetik Ortalaması (Bulanık AHP Ağırlıkları Dahil Edilmiştir)

KVB	GİRDİLER												ÇIKTILAR											
	Ham madde kirlilik oranı			Ham madde özelliği			Güvenilirlik			Stok durumu			Esneklik			Fiyat			Kalite			Teslimat		
T1	0.120	0.292	0.464	0.699	1.165	1.631	0.588	1.040	1.492	0.018	0.047	0.083	0.010	0.018	0.026	0.108	0.180	0.252	0.785	1.389	1.993	0.285	0.475	0.665
T2	0.155	0.327	0.499	0.979	1.445	1.911	0.768	1.220	1.672	0.018	0.047	0.083	0.010	0.018	0.026	0.108	0.180	0.252	1.027	1.631	2.235	0.209	0.399	0.589
T3	0.189	0.361	0.533	0.979	1.445	1.911	0.949	1.401	1.853	0.040	0.068	0.104	0.014	0.022	0.030	0.137	0.209	0.281	1.148	1.752	2.356	0.323	0.513	0.703
T4	0.155	0.327	0.499	0.792	1.258	1.724	0.768	1.220	1.672	0.025	0.054	0.090	0.012	0.020	0.028	0.122	0.194	0.266	1.027	1.631	2.235	0.361	0.551	0.741
T5	0.224	0.396	0.568	1.072	1.538	2.004	1.040	1.492	1.944	0.047	0.083	0.119	0.018	0.026	0.034	0.122	0.194	0.266	1.389	1.993	2.597	0.361	0.551	0.741
T6	0.327	0.499	0.671	1.258	1.724	2.097	1.130	1.582	2.034	0.054	0.090	0.126	0.018	0.026	0.034	0.122	0.194	0.266	1.510	2.114	2.718	0.361	0.551	0.741
T7	0.327	0.499	0.671	1.165	1.631	2.004	1.040	1.492	1.853	0.040	0.076	0.112	0.015	0.023	0.031	0.122	0.194	0.266	1.268	1.872	2.476	0.437	0.627	0.817
T8	0.430	0.602	0.740	1.538	2.004	2.097	1.311	1.763	1.944	0.076	0.112	0.140	0.020	0.028	0.034	0.137	0.209	0.281	1.872	2.476	2.718	0.437	0.627	0.817
T9	0.361	0.533	0.705	1.351	1.817	2.097	1.220	1.672	1.944	0.061	0.097	0.133	0.018	0.026	0.034	0.122	0.194	0.266	1.752	2.356	2.718	0.437	0.627	0.779
T10	0.155	0.327	0.499	0.792	1.258	1.724	0.768	1.220	1.672	0.025	0.061	0.097	0.012	0.020	0.028	0.050	0.122	0.194	1.027	1.631	2.235	0.247	0.437	0.627
T11	0.224	0.396	0.568	0.699	1.165	1.631	0.768	1.220	1.672	0.032	0.061	0.097	0.014	0.022	0.030	0.079	0.151	0.223	1.027	1.631	2.235	0.323	0.513	0.703
T12	0.327	0.499	0.671	1.351	1.817	2.097	1.040	1.492	1.853	0.061	0.097	0.133	0.018	0.026	0.033	0.122	0.194	0.266	1.389	1.993	2.476	0.361	0.551	0.703
T13	0.292	0.464	0.636	1.072	1.538	2.004	0.949	1.401	1.853	0.047	0.083	0.119	0.015	0.023	0.031	0.079	0.151	0.223	1.268	1.872	2.476	0.323	0.513	0.703
T14	0.327	0.499	0.671	1.258	1.724	2.004	1.130	1.582	1.853	0.047	0.083	0.119	0.015	0.023	0.031	0.065	0.137	0.209	1.631	2.235	2.597	0.361	0.551	0.741
T15	0.155	0.327	0.499	0.792	1.258	1.724	0.949	1.401	1.763	0.018	0.040	0.076	0.009	0.017	0.025	0.065	0.137	0.209	0.906	1.510	2.114	0.285	0.475	0.665
T16	0.224	0.396	0.568	1.072	1.538	2.004	0.949	1.401	1.853	0.040	0.076	0.112	0.015	0.023	0.031	0.108	0.180	0.252	1.389	1.993	2.597	0.323	0.513	0.703

Tablo 52. Girdi ve Çıktı Değişken Verileri Geometrik Ortalaması (Bulanık AHP Ağırlıkları Dahil Edilmiştir)

KVB	GİRDİLER															ÇIKTILAR								
	Ham madde kirlilik oranı			Ham madde özelliği			Güvenilirlik			Stok durumu			Esneklik			Fiyat			Kalite			Teslimat		
T1	0.107	0.286	0.460	0.621	1.125	1.603	0.544	1.020	1.479	0.018	0.043	0.081	0.010	0.018	0.026	0.085	0.168	0.244	0.647	1.317	1.943	0.253	0.459	0.654
T2	0.133	0.316	0.492	0.950	1.426	1.896	0.751	1.209	1.664	0.018	0.043	0.081	0.010	0.018	0.026	0.096	0.174	0.248	0.892	1.560	2.185	0.184	0.387	0.581
T3	0.166	0.351	0.526	0.950	1.426	1.896	0.921	1.383	1.839	0.031	0.057	0.098	0.012	0.021	0.029	0.132	0.206	0.279	1.111	1.728	2.338	0.316	0.508	0.699
T4	0.133	0.316	0.492	0.774	1.246	1.715	0.751	1.209	1.664	0.022	0.048	0.087	0.011	0.019	0.028	0.120	0.193	0.265	1.003	1.615	2.223	0.311	0.525	0.723
T5	0.207	0.388	0.563	1.052	1.525	1.994	1.020	1.479	1.934	0.039	0.078	0.116	0.018	0.026	0.034	0.120	0.193	0.265	1.363	1.976	2.585	0.350	0.543	0.735
T6	0.316	0.492	0.666	1.246	1.715	2.097	1.130	1.582	2.034	0.048	0.087	0.124	0.018	0.026	0.034	0.120	0.193	0.265	1.510	2.114	2.718	0.350	0.543	0.735
T7	0.316	0.492	0.666	1.125	1.603	1.994	0.985	1.454	1.839	0.035	0.073	0.110	0.015	0.023	0.031	0.120	0.193	0.265	1.231	1.848	2.458	0.429	0.622	0.813
T8	0.415	0.592	0.736	1.525	1.994	2.097	1.248	1.720	1.934	0.071	0.108	0.139	0.019	0.028	0.034	0.118	0.199	0.274	1.848	2.458	2.718	0.429	0.622	0.813
T9	0.351	0.526	0.700	1.333	1.803	2.097	1.167	1.635	1.934	0.060	0.096	0.132	0.018	0.026	0.034	0.120	0.193	0.265	1.728	2.338	2.718	0.414	0.611	0.773
T10	0.133	0.316	0.492	0.774	1.246	1.715	0.751	1.209	1.664	0.022	0.060	0.096	0.012	0.020	0.028	0.045	0.120	0.193	1.003	1.615	2.223	0.203	0.414	0.611
T11	0.184	0.375	0.553	0.621	1.125	1.603	0.751	1.209	1.664	0.028	0.053	0.093	0.012	0.021	0.029	0.070	0.147	0.220	1.003	1.615	2.223	0.281	0.491	0.687
T12	0.316	0.492	0.666	1.333	1.803	2.097	0.985	1.454	1.839	0.053	0.093	0.130	0.017	0.026	0.033	0.106	0.186	0.261	1.317	1.943	2.458	0.300	0.516	0.687
T13	0.286	0.460	0.633	1.052	1.525	1.994	0.921	1.383	1.839	0.039	0.078	0.116	0.015	0.023	0.031	0.070	0.147	0.220	1.231	1.848	2.458	0.281	0.491	0.687
T14	0.316	0.492	0.666	1.203	1.686	1.994	1.054	1.529	1.839	0.039	0.078	0.116	0.015	0.023	0.031	0.056	0.132	0.206	1.560	2.185	2.585	0.350	0.543	0.735
T15	0.133	0.316	0.492	0.774	1.246	1.715	0.890	1.359	1.749	0.018	0.035	0.073	0.008	0.016	0.024	0.056	0.132	0.206	0.806	1.458	2.078	0.253	0.459	0.654
T16	0.207	0.388	0.563	1.052	1.525	1.994	0.921	1.383	1.839	0.031	0.071	0.108	0.015	0.023	0.031	0.096	0.174	0.248	1.363	1.976	2.585	0.281	0.491	0.687

Tablo 49 ve Tablo 50’de bulunan değerler ilgili kriter için bulanık AHP sonucu elde edilen ve Tablo 33’te bulunan kriter ağırlıklarının ortalamaları ile çarpılarak bulanık VZA uygulaması için verilerin son hali elde edilmiştir. Girdi ve çıktılarına ilişkin aritmetik ortalamalar için verilerin son hali Tablo 51, girdi ve çıktılarına ilişkin geometrik ortalamalar için verilerin son hali Tablo 52’de verilmiştir.

3.7.2. Bulanık VZA Modellerinin Uygulanması

Aritmetik ortalamaların veri seti olarak ele alındığı ve LINGO programının kullanıldığı bulanık VZA uygulama modellerine aşağıda yer verilmiştir.

3.7.2.1 Saati-Memariani-Jahanshahloo Modeli

Eşitlik (2.90) kullanılarak T1 numaralı tedarikçi firma için oluşturulan Saati-Memariani-Jahanshahloo modeli aşağıda gösterilmiştir.

$$\begin{aligned}
(E_1)_\alpha &= \max [\tilde{y}_{11} + \tilde{y}_{21} + \tilde{y}_{31}] \\
\tilde{x}_{11} + \tilde{x}_{21} + \tilde{x}_{31} + \tilde{x}_{41} + \tilde{x}_{51} &= 1 \\
\tilde{y}_{11} + \tilde{y}_{21} + \tilde{y}_{31} - \tilde{x}_{11} - \tilde{x}_{21} - \tilde{x}_{31} - \tilde{x}_{41} - \tilde{x}_{51} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{12} + \tilde{y}_{22} + \tilde{y}_{32} - \tilde{x}_{12} - \tilde{x}_{22} - \tilde{x}_{32} - \tilde{x}_{42} - \tilde{x}_{52} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{13} + \tilde{y}_{23} + \tilde{y}_{33} - \tilde{x}_{13} - \tilde{x}_{23} - \tilde{x}_{33} - \tilde{x}_{43} - \tilde{x}_{53} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{14} + \tilde{y}_{24} + \tilde{y}_{34} - \tilde{x}_{14} - \tilde{x}_{24} - \tilde{x}_{34} - \tilde{x}_{44} - \tilde{x}_{54} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{15} + \tilde{y}_{25} + \tilde{y}_{35} - \tilde{x}_{15} - \tilde{x}_{25} - \tilde{x}_{35} - \tilde{x}_{45} - \tilde{x}_{55} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{16} + \tilde{y}_{26} + \tilde{y}_{36} - \tilde{x}_{16} - \tilde{x}_{26} - \tilde{x}_{36} - \tilde{x}_{46} - \tilde{x}_{56} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{17} + \tilde{y}_{27} + \tilde{y}_{37} - \tilde{x}_{17} - \tilde{x}_{27} - \tilde{x}_{37} - \tilde{x}_{47} - \tilde{x}_{57} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{18} + \tilde{y}_{28} + \tilde{y}_{38} - \tilde{x}_{18} - \tilde{x}_{28} - \tilde{x}_{38} - \tilde{x}_{48} - \tilde{x}_{58} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{19} + \tilde{y}_{29} + \tilde{y}_{39} - \tilde{x}_{19} - \tilde{x}_{29} - \tilde{x}_{39} - \tilde{x}_{49} - \tilde{x}_{59} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{110} + \tilde{y}_{210} + \tilde{y}_{310} - \tilde{x}_{110} - \tilde{x}_{210} - \tilde{x}_{310} - \tilde{x}_{410} - \tilde{x}_{510} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{111} + \tilde{y}_{211} + \tilde{y}_{311} - \tilde{x}_{111} - \tilde{x}_{211} - \tilde{x}_{311} - \tilde{x}_{411} - \tilde{x}_{511} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{112} + \tilde{y}_{212} + \tilde{y}_{312} - \tilde{x}_{112} - \tilde{x}_{212} - \tilde{x}_{312} - \tilde{x}_{412} - \tilde{x}_{512} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{113} + \tilde{y}_{213} + \tilde{y}_{313} - \tilde{x}_{113} - \tilde{x}_{213} - \tilde{x}_{313} - \tilde{x}_{413} - \tilde{x}_{513} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{114} + \tilde{y}_{214} + \tilde{y}_{314} - \tilde{x}_{114} - \tilde{x}_{214} - \tilde{x}_{314} - \tilde{x}_{414} - \tilde{x}_{514} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{115} + \tilde{y}_{215} + \tilde{y}_{315} - \tilde{x}_{115} - \tilde{x}_{215} - \tilde{x}_{315} - \tilde{x}_{415} - \tilde{x}_{515} &\leq 0 \\
\tilde{y}_{116} + \tilde{y}_{216} + \tilde{y}_{316} - \tilde{x}_{116} - \tilde{x}_{216} - \tilde{x}_{316} - \tilde{x}_{416} - \tilde{x}_{516} &\leq 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(0.120 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{11} \leq (0.464 - 0.172\alpha)v_1 & (0.699 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{21} \leq (1.631 - 0.466\alpha)v_2 \\
(0.155 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{12} \leq (0.499 - 0.172\alpha)v_1 & (0.979 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{22} \leq (1.911 - 0.466\alpha)v_2 \\
(0.189 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{13} \leq (0.533 - 0.172\alpha)v_1 & (0.979 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{23} \leq (1.911 - 0.466\alpha)v_2 \\
(0.155 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{14} \leq (0.499 - 0.172\alpha)v_1 & (0.792 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{24} \leq (1.724 - 0.466\alpha)v_2 \\
(0.224 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{15} \leq (0.568 - 0.172\alpha)v_1 & (1.072 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{25} \leq (2.004 - 0.466\alpha)v_2 \\
(0.327 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{16} \leq (0.671 - 0.172\alpha)v_1 & (1.258 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{26} \leq (2.097 - 0.373\alpha)v_2 \\
(0.327 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{17} \leq (0.671 - 0.172\alpha)v_1 & (1.165 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{27} \leq (2.004 - 0.373\alpha)v_2 \\
(0.430 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{18} \leq (0.740 - 0.138\alpha)v_1 & (1.538 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{28} \leq (2.097 - 0.093\alpha)v_2 \\
(0.361 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{19} \leq (0.705 - 0.172\alpha)v_1 & (1.351 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{29} \leq (2.097 - 0.280\alpha)v_2 \\
(0.155 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{110} \leq (0.499 - 0.172\alpha)v_1 & (0.792 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{210} \leq (1.724 - 0.466\alpha)v_2 \\
(0.224 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{111} \leq (0.568 - 0.172\alpha)v_1 & (0.699 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{211} \leq (1.631 - 0.466\alpha)v_2 \\
(0.327 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{112} \leq (0.671 - 0.172\alpha)v_1 & (1.351 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{212} \leq (2.097 - 0.280\alpha)v_2 \\
(0.292 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{113} \leq (0.636 - 0.172\alpha)v_1 & (1.072 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{213} \leq (2.004 - 0.466\alpha)v_2 \\
(0.327 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{114} \leq (0.671 - 0.172\alpha)v_1 & (1.258 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{214} \leq (2.004 - 0.280\alpha)v_2 \\
(0.155 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{115} \leq (0.499 - 0.172\alpha)v_1 & (0.792 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{215} \leq (1.724 - 0.466\alpha)v_2 \\
(0.224 + 0.172\alpha)v_1 &\leq \tilde{x}_{116} \leq (0.568 - 0.172\alpha)v_1 & (1.072 + 0.466\alpha)v_2 &\leq \tilde{x}_{216} \leq (2.004 - 0.466\alpha)v_2 \\
\\
(0.588 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{31} \leq (1.492 - 0.452\alpha)v_3 & (0.018 + 0.029\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{41} \leq (0.083 - 0.036\alpha)v_4 \\
(0.768 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{32} \leq (1.672 - 0.452\alpha)v_3 & (0.018 + 0.029\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{42} \leq (0.083 - 0.036\alpha)v_4 \\
(0.949 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{33} \leq (1.853 - 0.452\alpha)v_3 & (0.040 + 0.029\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{43} \leq (0.104 - 0.036\alpha)v_4 \\
(0.768 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{34} \leq (1.672 - 0.452\alpha)v_3 & (0.025 + 0.029\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{44} \leq (0.090 - 0.036\alpha)v_4 \\
(1.040 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{35} \leq (1.944 - 0.452\alpha)v_3 & (0.047 + 0.036\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{45} \leq (0.119 - 0.036\alpha)v_4 \\
(1.130 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{36} \leq (2.034 - 0.452\alpha)v_3 & (0.054 + 0.036\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{46} \leq (0.126 - 0.036\alpha)v_4 \\
(1.040 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{37} \leq (1.853 - 0.362\alpha)v_3 & (0.040 + 0.036\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{47} \leq (0.112 - 0.036\alpha)v_4 \\
(1.311 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{38} \leq (1.944 - 0.181\alpha)v_3 & (0.076 + 0.036\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{48} \leq (0.140 - 0.029\alpha)v_4 \\
(1.220 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{39} \leq (1.944 - 0.271\alpha)v_3 & (0.061 + 0.036\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{49} \leq (0.133 - 0.036\alpha)v_4 \\
(0.768 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{310} \leq (1.672 - 0.452\alpha)v_3 & (0.025 + 0.036\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{410} \leq (0.097 - 0.036\alpha)v_4 \\
(0.768 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{311} \leq (1.672 - 0.452\alpha)v_3 & (0.032 + 0.029\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{411} \leq (0.097 - 0.036\alpha)v_4 \\
(1.040 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{312} \leq (1.853 - 0.362\alpha)v_3 & (0.061 + 0.036\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{412} \leq (0.133 - 0.036\alpha)v_4 \\
(0.949 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{313} \leq (1.853 - 0.452\alpha)v_3 & (0.047 + 0.036\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{413} \leq (0.119 - 0.036\alpha)v_4 \\
(1.130 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{314} \leq (1.853 - 0.271\alpha)v_3 & (0.047 + 0.036\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{414} \leq (0.119 - 0.036\alpha)v_4 \\
(0.949 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{315} \leq (1.763 - 0.362\alpha)v_3 & (0.018 + 0.022\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{415} \leq (0.076 - 0.036\alpha)v_4 \\
(0.949 + 0.452\alpha)v_3 &\leq \tilde{x}_{316} \leq (1.853 - 0.452\alpha)v_3 & (0.040 + 0.036\alpha)v_4 &\leq \tilde{x}_{416} \leq (0.112 - 0.036\alpha)v_4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(0.010 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{51} \leq (0.026 - 0.008\alpha)v_5 & (0.108 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{11} \leq (0.252 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.010 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{52} \leq (0.026 - 0.008\alpha)v_5 & (0.108 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{12} \leq (0.252 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.014 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{53} \leq (0.030 - 0.008\alpha)v_5 & (0.137 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{13} \leq (0.281 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.012 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{54} \leq (0.028 - 0.008\alpha)v_5 & (0.122 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{14} \leq (0.266 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.018 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{55} \leq (0.034 - 0.008\alpha)v_5 & (0.122 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{15} \leq (0.266 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.018 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{56} \leq (0.034 - 0.008\alpha)v_5 & (0.122 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{16} \leq (0.266 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.015 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{57} \leq (0.031 - 0.008\alpha)v_5 & (0.122 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{17} \leq (0.266 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.020 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{58} \leq (0.034 - 0.006\alpha)v_5 & (0.137 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{18} \leq (0.266 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.018 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{59} \leq (0.034 - 0.008\alpha)v_5 & (0.122 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{19} \leq (0.281 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.012 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{510} \leq (0.028 - 0.008\alpha)v_5 & (0.050 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{110} \leq (0.194 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.014 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{511} \leq (0.030 - 0.008\alpha)v_5 & (0.079 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{111} \leq (0.223 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.018 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{512} \leq (0.033 - 0.006\alpha)v_5 & (0.122 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{112} \leq (0.266 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.015 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{513} \leq (0.031 - 0.008\alpha)v_5 & (0.079 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{113} \leq (0.223 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.015 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{514} \leq (0.031 - 0.008\alpha)v_5 & (0.065 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{114} \leq (0.209 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.009 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{515} \leq (0.025 - 0.008\alpha)v_5 & (0.065 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{115} \leq (0.209 - 0.072\alpha)u_1 \\
(0.015 + 0.008\alpha)v_5 &\leq \tilde{x}_{516} \leq (0.031 - 0.008\alpha)v_5 & (0.108 + 0.072\alpha)u_1 &\leq \tilde{y}_{116} \leq (0.252 - 0.072\alpha)u_1
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
(0.785 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{21} \leq (1.993 - 0.604\alpha)u_2 & (0.285 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{31} \leq (0.665 - 0.190\alpha)u_3 \\
(1.027 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{22} \leq (2.235 - 0.604\alpha)u_2 & (0.209 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{32} \leq (0.589 - 0.190\alpha)u_3 \\
(1.148 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{23} \leq (2.356 - 0.604\alpha)u_2 & (0.323 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{33} \leq (0.703 - 0.190\alpha)u_3 \\
(1.027 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{24} \leq (2.235 - 0.604\alpha)u_2 & (0.361 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{34} \leq (0.741 - 0.190\alpha)u_3 \\
(1.389 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{25} \leq (2.597 - 0.604\alpha)u_2 & (0.361 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{35} \leq (0.741 - 0.190\alpha)u_3 \\
(1.510 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{26} \leq (2.718 - 0.604\alpha)u_2 & (0.361 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{36} \leq (0.741 - 0.190\alpha)u_3 \\
(1.268 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{27} \leq (2.476 - 0.604\alpha)u_2 & (0.437 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{37} \leq (0.817 - 0.190\alpha)u_3 \\
(1.872 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{28} \leq (2.718 - 0.242\alpha)u_2 & (0.437 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{38} \leq (0.817 - 0.190\alpha)u_3 \\
(1.752 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{29} \leq (2.718 - 0.362\alpha)u_2 & (0.437 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{38} \leq (0.779 - 0.152\alpha)u_3 \\
(1.027 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{210} \leq (2.235 - 0.604\alpha)u_2 & (0.247 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{310} \leq (0.627 - 0.190\alpha)u_3 \\
(1.027 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{211} \leq (2.235 - 0.604\alpha)u_2 & (0.323 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{311} \leq (0.703 - 0.190\alpha)u_3 \\
(1.389 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{212} \leq (2.476 - 0.483\alpha)u_2 & (0.361 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{312} \leq (0.703 - 0.152\alpha)u_3 \\
(1.268 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{213} \leq (2.476 - 0.604\alpha)u_2 & (0.323 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{313} \leq (0.703 - 0.190\alpha)u_3 \\
(1.631 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{214} \leq (2.597 - 0.362\alpha)u_2 & (0.361 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{314} \leq (0.741 - 0.190\alpha)u_3 \\
(0.906 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{215} \leq (2.114 - 0.604\alpha)u_2 & (0.285 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{315} \leq (0.665 - 0.190\alpha)u_3 \\
(1.389 + 0.604\alpha)u_2 &\leq \tilde{y}_{216} \leq (2.597 - 0.604\alpha)u_2 & (0.323 + 0.190\alpha)u_3 &\leq \tilde{y}_{316} \leq (0.703 - 0.190\alpha)u_3
\end{aligned}$$

$$v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, u_1, u_2, u_3 \geq 0$$

16 tedarikçi firma için farklı α – kesimlerinde ($\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$) yukarıdaki model amaç fonksiyonu ve birinci kısıt değiştirilerek, 16 defa LINGO paket programında çözülerek her bir tedarikçi firma için etkinlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen Etkinlik Skorları (ES) ve Etkinlik Sıralaması (EI) Tablo 53’de gösterilmiştir.

Tablo 53. Saati-Memariani-Jahanshahloo Modeli Etkinlik Skorları ve Etkinlik Sıralaması

KVB	$\alpha = 0$		$\alpha = 0.25$		$\alpha = 0.5$		$\alpha = 0.75$		$\alpha = 1$	
	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI
T1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T3	1	1	1	1	1	1	1	1	0.976	13
T4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T6	1	1	1	1	1	1	1	1	0.944	16
T7	1	1	1	1	1	1	1	1	0.987	12
T8	1	1	1	1	1	1	1	1	0.992	11
T9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T10	1	1	1	1	1	1	1	1	0.998	10
T11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T12	1	1	1	1	1	1	1	1	0.953	14
T13	1	1	1	1	1	1	1	1	0.952	15
T14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tablo 53 incelendiğinde T1, T2, T4, T5, T9, T11, T14, T15 ve T16 numaralı tedarikçilerin bütün α – kesimlerinde etkin çıkarak en iyi performansa sahip karar verme birimleri olduğu anlaşılmaktadır. T3, T6, T7, T8, T10, T12 ve T13 numaralı tedarikçilerin $\alpha = 1$ haricindeki α – kesimlerinde etkin çıktığı görülmektedir. α – kesim seviyelerinin artışına bağlı olarak etkin olmayan tedarikçi firmaların etkinlik skorları azalmaktadır. Tablo 53’deki etkinlik skorlarına göre firmaların etkinliklerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

$$T1 = T2 = T4 = T5 = T9 = T11 = T14 = T15 = T16 > T10 > T8 > T7 > T3 > T12 > T13 > T6$$

3.7.2.2 Kao-Liu Modeli

(2.64) ve (2.65) modelleri kullanılarak KVB'lerin etkinlik skorlarını alt sınır ve üst sınır değerleri hesaplanmıştır. T1 numaralı tedarikçi firmanın etkinlik skorunun alt sınır değeri için oluşturulan Kao-Liu modeli aşağıda gösterilmiştir.

$$(E_1)_\alpha^L = \max[u_1(0.108 + 0.072\alpha) + u_2(0.785 + 0.604\alpha) + u_3(0.285 + 0.190\alpha)]$$

$$\begin{bmatrix} v_1(0.464 - 0.172\alpha) + v_2(1.631 - 0.466\alpha) + v_3(1.492 - 0.452\alpha) \\ + v_4(0.083 - 0.036\alpha) + v_5(0.026 - 0.008\alpha) \end{bmatrix} = 1$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.108 + 0.072\alpha) + u_2(0.785 + 0.604\alpha) + u_3(0.285 + 0.190\alpha) - v_1(0.464 - 0.172\alpha) \\ - v_2(1.631 - 0.466\alpha) - v_3(1.492 - 0.452\alpha) - v_4(0.083 - 0.036\alpha) - v_5(0.026 - 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.252 - 0.072\alpha) + u_2(2.235 - 0.604\alpha) + u_3(0.589 - 0.190\alpha) - v_1(0.155 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.979 + 0.466\alpha) - v_3(0.768 + 0.452\alpha) - v_4(0.018 + 0.029\alpha) - v_5(0.010 + 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.281 - 0.072\alpha) + u_2(2.356 - 0.604\alpha) + u_3(0.703 - 0.190\alpha) - v_1(0.189 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.979 + 0.466\alpha) - v_3(0.949 + 0.452\alpha) - v_4(0.040 + 0.029\alpha) - v_5(0.014 + 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.235 - 0.604\alpha) + u_3(0.741 - 0.190\alpha) - v_1(0.155 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.792 + 0.466\alpha) - v_3(0.768 + 0.452\alpha) - v_4(0.025 + 0.029\alpha) - v_5(0.012 + 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.597 - 0.604\alpha) + u_3(0.741 - 0.190\alpha) - v_1(0.224 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.072 + 0.466\alpha) - v_3(1.040 + 0.452\alpha) - v_4(0.047 + 0.036\alpha) - v_5(0.018 + 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.718 - 0.604\alpha) + u_3(0.741 - 0.190\alpha) - v_1(0.327 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.258 + 0.466\alpha) - v_3(1.130 + 0.452\alpha) - v_4(0.054 + 0.036\alpha) - v_5(0.018 + 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.476 - 0.604\alpha) + u_3(0.817 - 0.190\alpha) - v_1(0.327 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.165 + 0.466\alpha) - v_3(1.040 + 0.452\alpha) - v_4(0.040 + 0.036\alpha) - v_5(0.015 + 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.281 - 0.072\alpha) + u_2(2.718 - 0.242\alpha) + u_3(0.817 - 0.190\alpha) - v_1(0.430 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.538 + 0.466\alpha) - v_3(1.311 + 0.452\alpha) - v_4(0.076 + 0.036\alpha) - v_5(0.020 + 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.718 - 0.362\alpha) + u_3(0.779 - 0.152\alpha) - v_1(0.361 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.351 + 0.466\alpha) - v_3(1.220 + 0.452\alpha) - v_4(0.061 + 0.036\alpha) - v_5(0.018 + 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.194 - 0.072\alpha) + u_2(2.235 - 0.604\alpha) + u_3(0.627 - 0.190\alpha) - v_1(0.155 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.792 + 0.466\alpha) - v_3(0.768 + 0.452\alpha) - v_4(0.025 + 0.036\alpha) - v_5(0.012 + 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.223 - 0.072\alpha) + u_2(2.235 - 0.604\alpha) + u_3(0.703 - 0.190\alpha) - v_1(0.224 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.699 + 0.466\alpha) - v_3(0.768 + 0.452\alpha) - v_4(0.032 + 0.029\alpha) - v_5(0.014 + 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.476 - 0.483\alpha) + u_3(0.703 - 0.152\alpha) - v_1(0.327 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.351 + 0.466\alpha) - v_3(1.040 + 0.452\alpha) - v_4(0.061 + 0.036\alpha) - v_5(0.018 + 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{bmatrix} u_1(0.223 - 0.072\alpha) + u_2(2.476 - 0.604\alpha) + u_3(0.703 - 0.190\alpha) - v_1(0.292 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.072 + 0.466\alpha) - v_3(0.949 + 0.452\alpha) - v_4(0.047 + 0.036\alpha) - v_5(0.015 + 0.008\alpha) \end{bmatrix} \leq 0$$

$$\begin{aligned} & \left[\begin{array}{l} u_1(0.209 - 0.072\alpha) + u_2(2.597 - 0.362\alpha) + u_3(0.741 - 0.190\alpha) - v_1(0.327 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.258 + 0.466\alpha) - v_3(1.130 + 0.452\alpha) - v_4(0.047 + 0.029\alpha) - v_5(0.015 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.209 - 0.072\alpha) + u_2(2.114 - 0.604\alpha) + u_3(0.665 - 0.190\alpha) - v_1(0.155 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.792 + 0.466\alpha) - v_3(0.949 + 0.452\alpha) - v_4(0.018 + 0.022\alpha) - v_5(0.009 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.252 - 0.072\alpha) + u_2(2.597 - 0.604\alpha) + u_3(0.703 - 0.190\alpha) - v_1(0.224 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.072 + 0.466\alpha) - v_3(0.949 + 0.452\alpha) - v_4(0.040 + 0.036\alpha) - v_5(0.015 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, u_1, u_2, u_3 \geq \varepsilon \end{aligned}$$

T1 numaralı tedarikçi firmanın etkinlik skorunun üst sınır değeri için oluşturulan Kao-Liu modeli aşağıda gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} (E_1)_\alpha^U &= \max [u_1(0.252 - 0.072\alpha) + u_2(1.993 - 0.604\alpha) + u_3(0.665 - 0.190\alpha)] \\ & \left[\begin{array}{l} v_1(0.120 + 0.172\alpha) + v_2(0.699 + 0.466\alpha) + v_3(0.588 + 0.452\alpha) \\ + v_4(0.018 + 0.029\alpha) + v_5(0.010 + 0.008\alpha) \end{array} \right] = 1 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.252 - 0.072\alpha) + u_2(1.993 - 0.604\alpha) + u_3(0.665 - 0.190\alpha) - v_1(0.120 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.699 + 0.466\alpha) - v_3(0.588 + 0.452\alpha) - v_4(0.018 + 0.029\alpha) - v_5(0.010 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.108 + 0.072\alpha) + u_2(1.027 + 0.604\alpha) + u_3(0.209 + 0.190\alpha) - v_1(0.499 - 0.172\alpha) \\ - v_2(1.911 - 0.466\alpha) - v_3(1.672 - 0.452\alpha) - v_4(0.083 - 0.036\alpha) - v_5(0.026 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.137 + 0.072\alpha) + u_2(1.148 + 0.604\alpha) + u_3(0.323 + 0.190\alpha) - v_1(0.533 - 0.172\alpha) \\ - v_2(1.911 - 0.466\alpha) - v_3(1.853 - 0.452\alpha) - v_4(0.104 - 0.036\alpha) - v_5(0.030 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.122 + 0.072\alpha) + u_2(1.027 + 0.604\alpha) + u_3(0.361 + 0.190\alpha) - v_1(0.499 - 0.172\alpha) \\ - v_2(1.724 - 0.466\alpha) - v_3(1.672 - 0.452\alpha) - v_4(0.090 - 0.036\alpha) - v_5(0.028 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.122 + 0.072\alpha) + u_2(1.389 + 0.604\alpha) + u_3(0.361 + 0.190\alpha) - v_1(0.568 - 0.172\alpha) \\ - v_2(2.004 - 0.466\alpha) - v_3(1.944 - 0.452\alpha) - v_4(0.119 - 0.036\alpha) - v_5(0.034 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.122 + 0.072\alpha) + u_2(1.510 + 0.604\alpha) + u_3(0.361 + 0.190\alpha) - v_1(0.671 - 0.172\alpha) \\ - v_2(2.097 - 0.373\alpha) - v_3(2.034 - 0.452\alpha) - v_4(0.126 - 0.036\alpha) - v_5(0.034 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.122 + 0.072\alpha) + u_2(1.268 + 0.604\alpha) + u_3(0.437 + 0.190\alpha) - v_1(0.671 - 0.172\alpha) \\ - v_2(2.004 - 0.373\alpha) - v_3(1.853 - 0.362\alpha) - v_4(0.112 - 0.036\alpha) - v_5(0.031 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.137 + 0.072\alpha) + u_2(1.872 + 0.604\alpha) + u_3(0.437 + 0.190\alpha) - v_1(0.740 - 0.138\alpha) \\ - v_2(2.097 - 0.093\alpha) - v_3(1.944 - 0.181\alpha) - v_4(0.140 - 0.029\alpha) - v_5(0.034 - 0.006\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.122 + 0.072\alpha) + u_2(1.752 + 0.604\alpha) + u_3(0.437 + 0.190\alpha) - v_1(0.705 - 0.172\alpha) \\ - v_2(2.097 - 0.280\alpha) - v_3(1.944 - 0.271\alpha) - v_4(0.133 - 0.036\alpha) - v_5(0.034 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.050 + 0.072\alpha) + u_2(1.027 + 0.604\alpha) + u_3(0.247 + 0.190\alpha) - v_1(0.499 - 0.172\alpha) \\ - v_2(1.724 - 0.466\alpha) - v_3(1.672 - 0.452\alpha) - v_4(0.097 - 0.036\alpha) - v_5(0.028 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.079 + 0.072\alpha) + u_2(1.027 + 0.604\alpha) + u_3(0.323 + 0.190\alpha) - v_1(0.568 - 0.172\alpha) \\ - v_2(1.631 - 0.466\alpha) - v_3(1.672 - 0.452\alpha) - v_4(0.097 - 0.036\alpha) - v_5(0.030 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.122 + 0.072\alpha) + u_2(1.389 + 0.604\alpha) + u_3(0.361 + 0.190\alpha) - v_1(0.671 - 0.172\alpha) \\ - v_2(2.097 - 0.280\alpha) - v_3(1.853 - 0.362\alpha) - v_4(0.133 - 0.036\alpha) - v_5(0.033 - 0.006\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.079 + 0.072\alpha) + u_2(1.268 + 0.604\alpha) + u_3(0.323 + 0.190\alpha) - v_1(0.636 - 0.172\alpha) \\ - v_2(2.004 - 0.466\alpha) - v_3(1.853 - 0.452\alpha) - v_4(0.119 - 0.036\alpha) - v_5(0.031 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.065 + 0.072\alpha) + u_2(1.631 + 0.604\alpha) + u_3(0.361 + 0.190\alpha) - v_1(0.671 - 0.172\alpha) \\ - v_2(2.004 - 0.280\alpha) - v_3(1.853 - 0.271\alpha) - v_4(0.119 - 0.036\alpha) - v_5(0.031 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.065 + 0.072\alpha) + u_2(0.906 + 0.604\alpha) + u_3(0.285 + 0.190\alpha) - v_1(0.499 - 0.172\alpha) \\ - v_2(1.724 - 0.466\alpha) - v_3(1.763 - 0.362\alpha) - v_4(0.076 - 0.036\alpha) - v_5(0.025 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.108 + 0.072\alpha) + u_2(1.389 + 0.604\alpha) + u_3(0.323 + 0.190\alpha) - v_1(0.568 - 0.172\alpha) \\ - v_2(2.004 - 0.466\alpha) - v_3(1.853 - 0.452\alpha) - v_4(0.112 - 0.036\alpha) - v_5(0.031 - 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\
& v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, u_1, u_2, u_3 \geq \varepsilon
\end{aligned}$$

16 tedarikçi firma için farklı α – kesimlerinde ($\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$) yukarıdaki modeller amaç fonksiyonu ve birinci kısıt değiştirilerek, 16 defa LINGO paket programında çözümlenerek her bir tedarikçi firma için etkinlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen etkinlik skorları ve etkinlik sıralaması Tablo 54’de gösterilmiştir.

Tablo 54. Kao-Liu Modeli Etkinlik Skorları ve Etkinlik Sıralaması

KVB	$\alpha = 0$		$\alpha = 0.25$		$\alpha = 0.5$		$\alpha = 0.75$		$\alpha = 1$	
	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI
T1	(0.209, 1)	12	(0.325, 1)	12	(0.492, 1)	8	(0.734, 1)	6	1	1
T2	(0.194, 1)	15	(0.311, 1)	14	(0.483, 1)	11	(0.725, 1)	7	1	1
T3	(0.205, 1)	13	(0.313, 1)	13	(0.460, 1)	15	(0.670, 1)	16	0.976	13
T4	(0.216, 1)	11	(0.330, 1)	10	(0.492, 1)	8	(0.725, 1)	7	1	1
T5	(0.230, 1)	6	(0.341, 1)	6	(0.493, 1)	7	(0.707, 1)	9	1	1
T6	(0.243, 1)	4	(0.354, 1)	4	(0.505, 1)	5	(0.702, 1)	10	0.944	16
T7	(0.227, 1)	8	(0.333, 1)	9	(0.481, 1)	12	(0.695, 1)	13	0.987	12
T8	(0.301, 1)	1	(0.421, 1)	1	(0.579, 1)	1	(0.772, 1)	2	0.992	11
T9	(0.282, 1)	2	(0.404, 1)	2	(0.567, 1)	3	(0.771, 1)	3	1	1
T10	(0.201, 1)	14	(0.311, 1)	14	(0.468, 1)	14	(0.686, 1)	14	0.998	10
T11	(0.221, 1)	9	(0.339, 1)	7	(0.504, 1)	6	(0.740, 1)	5	1	1
T12	(0.228, 1)	7	(0.334, 1)	8	(0.487, 1)	10	(0.700, 1)	12	0.953	14
T13	(0.217, 1)	10	(0.326, 1)	11	(0.480, 1)	13	(0.685, 1)	15	0.952	15
T14	(0.279, 1)	3	(0.404, 1)	2	(0.575, 1)	2	(0.794, 1)	1	1	1
T15	(0.184, 1)	16	(0.296, 1)	16	(0.460, 1)	15	(0.702, 1)	10	1	1
T16	(0.237, 1)	5	(0.354, 1)	4	(0.518, 1)	4	(0.745, 1)	4	1	1

Tablo 54 incelendiğinde $\alpha = 0$ düzeyinde KVB'lerin etkinlik skorunun alt sınır ve üst sınır değerleri arasındaki farkın diğer α –kesim seviyelerine oranla daha yüksek olduğu ve α –kesim seviyeleri artıkça bu farkın azaldığı görülmektedir. Ayrıca KVB'lerin alt etkinlik skorlarının $\alpha = 1$ seviyesinden $\alpha = 0$ seviyesine gidildikçe azaldığı, üst etkinlik skorlarının ise arttığı Tablo 54'den anlaşılmaktadır. $\alpha = 1$ seviyesinde alt ve üst etkinlik skorlarının aynı olduğu görülmektedir. $\alpha = 0$ düzeyinde karar verme birimlerinin üst ve alt etkinlik skorları belirtilen aralıklar arasında olacaktır. Örneğin 1 numaralı KVB (T1) için $\alpha = 0$ düzeyinde etkinlik skorları (0.209-1) arasında değişecektir. Diğer α –kesim seviyelerinde de benzer durum söz konusudur.

Wang ve arkadaşları (2005) tarafından geliştirilen minimax pişmanlık yaklaşımından yararlanılarak tedarikçilerin etkinlik sıralaması yapılırken alt ve üst etkinlik sınır değerleri arasındaki farklar dikkate alınmıştır. Alt ve üst etkinlik sınır değerleri arasındaki fark en düşük olan firma etkinlik sıralamasında en ön sırada yer almaktadır (Şafak, 2009: 285; Cerit, 2011: 110; Göktolga ve Artut, 2014: 69).

Tablo 54 incelendiğinde karar verme birimlerinin üst etkinlik skorları sıralaması $\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75$ için aynıdır. $\alpha = 1$ için ise farklıdır ve aşağıda gösterildiği gibidir.

$$T1 = T2 = T4 = T5 = T9 = T11 = T14 = T15 = T16 > T10 > T8 > T7 > T3 > T12 > T13 > T6$$

Tablo 54 incelendiğinde karar verme birimlerinin alt etkinlik skorları sıralaması $\alpha = 0$ düzeyi için aşağıda gösterildiği gibidir.

$$T8 > T9 > T14 > T6 > T16 > T5 > T12 > T7 > T11 > T13 > T4 > T1 > T3 > T10 > T2 > T15$$

Kao-Liu modeli sonuçlarına göre üst etkinlik skorları değerlendirildiğinde bütün α –kesim seviyelerinde T1, T2, T4, T5, T9, T11, T14, T15 ve T16 numaralı tedarikçilerin etkin olduğu geriye kalan tedarikçilerin ise $\alpha = 1$ düzeyi dışında etkin olduğu görülmektedir. Bu durumda tüm α –kesim seviyeleri göz önüne alındığında T1, T2, T4, T5, T9, T11, T14, T15 ve T16 numaralı tedarikçilerin etkin diğerlerinin ise etkin olmadığını söylemek mümkündür.

3.7.2.3. Wang-Greatbanks-Yang Modeli

(2.121) ve (2.122) modelleri kullanılarak KVB'lerin etkinlik skorlarının alt sınır ve üst sınır değerleri hesaplanmıştır. T1 numaralı tedarikçi firmanın etkinlik skorunun alt sınır değeri için oluşturulan Wang-Greatbanks-Yang modeli aşağıda gösterilmiştir.

$$(E_1)_\alpha^L = \max[u_1(0.108 + 0.072\alpha) + u_2(0.785 + 0.604\alpha) + u_3(0.285 + 0.190\alpha)]$$

$$\left[\begin{array}{l} v_1(0.464 - 0.172\alpha) + v_2(1.631 - 0.466\alpha) + v_3(1.492 - 0.452\alpha) \\ + v_4(0.083 - 0.036\alpha) + v_5(0.026 - 0.008\alpha) \end{array} \right] = 1$$

$$\left[\begin{array}{l} u_1(0.252 - 0.072\alpha) + u_2(1.993 - 0.604\alpha) + u_3(0.665 - 0.190\alpha) - v_1(0.120 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.699 + 0.466\alpha) - v_3(0.588 + 0.452\alpha) - v_4(0.018 + 0.029\alpha) - v_5(0.010 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0$$

$$\left[\begin{array}{l} u_1(0.252 - 0.072\alpha) + u_2(2.235 - 0.604\alpha) + u_3(0.589 - 0.190\alpha) - v_1(0.155 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.979 + 0.466\alpha) - v_3(0.768 + 0.452\alpha) - v_4(0.018 + 0.029\alpha) - v_5(0.010 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0$$

$$\left[\begin{array}{l} u_1(0.281 - 0.072\alpha) + u_2(2.356 - 0.604\alpha) + u_3(0.703 - 0.190\alpha) - v_1(0.189 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.979 + 0.466\alpha) - v_3(0.949 + 0.452\alpha) - v_4(0.040 + 0.029\alpha) - v_5(0.014 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0$$

$$\left[\begin{array}{l} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.235 - 0.604\alpha) + u_3(0.741 - 0.190\alpha) - v_1(0.155 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.792 + 0.466\alpha) - v_3(0.768 + 0.452\alpha) - v_4(0.025 + 0.029\alpha) - v_5(0.012 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0$$

$$\left[\begin{array}{l} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.597 - 0.604\alpha) + u_3(0.741 - 0.190\alpha) - v_1(0.224 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.072 + 0.466\alpha) - v_3(1.040 + 0.452\alpha) - v_4(0.047 + 0.036\alpha) - v_5(0.018 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0$$

$$\left[\begin{array}{l} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.718 - 0.604\alpha) + u_3(0.741 - 0.190\alpha) - v_1(0.327 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.258 + 0.466\alpha) - v_3(1.130 + 0.452\alpha) - v_4(0.054 + 0.036\alpha) - v_5(0.018 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0$$

$$\left[\begin{array}{l} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.476 - 0.604\alpha) + u_3(0.817 - 0.190\alpha) - v_1(0.327 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.165 + 0.466\alpha) - v_3(1.040 + 0.452\alpha) - v_4(0.040 + 0.036\alpha) - v_5(0.015 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0$$

$$\left[\begin{array}{l} u_1(0.281 - 0.072\alpha) + u_2(2.718 - 0.242\alpha) + u_3(0.817 - 0.190\alpha) - v_1(0.430 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.538 + 0.466\alpha) - v_3(1.311 + 0.452\alpha) - v_4(0.076 + 0.036\alpha) - v_5(0.020 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0$$

$$\left[\begin{array}{l} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.718 - 0.362\alpha) + u_3(0.779 - 0.152\alpha) - v_1(0.361 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.351 + 0.466\alpha) - v_3(1.220 + 0.452\alpha) - v_4(0.061 + 0.036\alpha) - v_5(0.018 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0$$

$$\left[\begin{array}{l} u_1(0.194 - 0.072\alpha) + u_2(2.235 - 0.604\alpha) + u_3(0.627 - 0.190\alpha) - v_1(0.155 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.792 + 0.466\alpha) - v_3(0.768 + 0.452\alpha) - v_4(0.025 + 0.036\alpha) - v_5(0.012 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0$$

$$\left[\begin{array}{l} u_1(0.223 - 0.072\alpha) + u_2(2.235 - 0.604\alpha) + u_3(0.703 - 0.190\alpha) - v_1(0.224 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.699 + 0.466\alpha) - v_3(0.768 + 0.452\alpha) - v_4(0.032 + 0.029\alpha) - v_5(0.014 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0$$

$$\left[\begin{array}{l} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.476 - 0.483\alpha) + u_3(0.703 - 0.152\alpha) - v_1(0.327 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.351 + 0.466\alpha) - v_3(1.040 + 0.452\alpha) - v_4(0.061 + 0.036\alpha) - v_5(0.018 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0$$

$$\begin{aligned} & \left[\begin{array}{l} u_1(0.223 - 0.072\alpha) + u_2(2.476 - 0.604\alpha) + u_3(0.703 - 0.190\alpha) - v_1(0.292 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.072 + 0.466\alpha) - v_3(0.949 + 0.452\alpha) - v_4(0.047 + 0.036\alpha) - v_5(0.015 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.209 - 0.072\alpha) + u_2(2.597 - 0.362\alpha) + u_3(0.741 - 0.190\alpha) - v_1(0.327 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.258 + 0.466\alpha) - v_3(1.130 + 0.452\alpha) - v_4(0.047 + 0.029\alpha) - v_5(0.015 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.209 - 0.072\alpha) + u_2(2.114 - 0.604\alpha) + u_3(0.665 - 0.190\alpha) - v_1(0.155 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.792 + 0.466\alpha) - v_3(0.949 + 0.452\alpha) - v_4(0.018 + 0.022\alpha) - v_5(0.009 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.252 - 0.072\alpha) + u_2(2.597 - 0.604\alpha) + u_3(0.703 - 0.190\alpha) - v_1(0.224 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.072 + 0.466\alpha) - v_3(0.949 + 0.452\alpha) - v_4(0.040 + 0.036\alpha) - v_5(0.015 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \end{aligned}$$

T1 numaralı tedarikçi firmanın etkinlik skorunun üst sınır değeri için oluşturulan Wang-Greatbanks-Yang modeli aşağıda gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} (E_1)_\alpha^U &= \max [u_1(0.252 - 0.072\alpha) + u_2(1.993 - 0.604\alpha) + u_3(0.665 - 0.190\alpha)] \\ & \left[\begin{array}{l} v_1(0.120 + 0.172\alpha) + v_2(0.699 + 0.466\alpha) + v_3(0.588 + 0.452\alpha) \\ + v_4(0.018 + 0.029\alpha) + v_5(0.010 + 0.008\alpha) \end{array} \right] = 1 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.252 - 0.072\alpha) + u_2(1.993 - 0.604\alpha) + u_3(0.665 - 0.190\alpha) - v_1(0.120 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.699 + 0.466\alpha) - v_3(0.588 + 0.452\alpha) - v_4(0.018 + 0.029\alpha) - v_5(0.010 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.252 - 0.072\alpha) + u_2(2.235 - 0.604\alpha) + u_3(0.589 - 0.190\alpha) - v_1(0.155 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.979 + 0.466\alpha) - v_3(0.768 + 0.452\alpha) - v_4(0.018 + 0.029\alpha) - v_5(0.010 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.281 - 0.072\alpha) + u_2(2.356 - 0.604\alpha) + u_3(0.703 - 0.190\alpha) - v_1(0.189 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.979 + 0.466\alpha) - v_3(0.949 + 0.452\alpha) - v_4(0.040 + 0.029\alpha) - v_5(0.014 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.235 - 0.604\alpha) + u_3(0.741 - 0.190\alpha) - v_1(0.155 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.792 + 0.466\alpha) - v_3(0.768 + 0.452\alpha) - v_4(0.025 + 0.029\alpha) - v_5(0.012 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.597 - 0.604\alpha) + u_3(0.741 - 0.190\alpha) - v_1(0.224 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.072 + 0.466\alpha) - v_3(1.040 + 0.452\alpha) - v_4(0.047 + 0.036\alpha) - v_5(0.018 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.718 - 0.604\alpha) + u_3(0.741 - 0.190\alpha) - v_1(0.327 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.258 + 0.466\alpha) - v_3(1.130 + 0.452\alpha) - v_4(0.054 + 0.036\alpha) - v_5(0.018 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.476 - 0.604\alpha) + u_3(0.817 - 0.190\alpha) - v_1(0.327 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.165 + 0.466\alpha) - v_3(1.040 + 0.452\alpha) - v_4(0.040 + 0.036\alpha) - v_5(0.015 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.281 - 0.072\alpha) + u_2(2.718 - 0.242\alpha) + u_3(0.817 - 0.190\alpha) - v_1(0.430 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.538 + 0.466\alpha) - v_3(1.311 + 0.452\alpha) - v_4(0.076 + 0.036\alpha) - v_5(0.020 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\ & \left[\begin{array}{l} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.718 - 0.362\alpha) + u_3(0.779 - 0.152\alpha) - v_1(0.361 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.351 + 0.466\alpha) - v_3(1.220 + 0.452\alpha) - v_4(0.061 + 0.036\alpha) - v_5(0.018 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.194 - 0.072\alpha) + u_2(2.235 - 0.604\alpha) + u_3(0.627 - 0.190\alpha) - v_1(0.155 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.792 + 0.466\alpha) - v_3(0.768 + 0.452\alpha) - v_4(0.025 + 0.036\alpha) - v_5(0.012 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.223 - 0.072\alpha) + u_2(2.235 - 0.604\alpha) + u_3(0.703 - 0.190\alpha) - v_1(0.224 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.699 + 0.466\alpha) - v_3(0.768 + 0.452\alpha) - v_4(0.032 + 0.029\alpha) - v_5(0.014 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.266 - 0.072\alpha) + u_2(2.476 - 0.483\alpha) + u_3(0.703 - 0.152\alpha) - v_1(0.327 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.351 + 0.466\alpha) - v_3(1.040 + 0.452\alpha) - v_4(0.061 + 0.036\alpha) - v_5(0.018 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.223 - 0.072\alpha) + u_2(2.476 - 0.604\alpha) + u_3(0.703 - 0.190\alpha) - v_1(0.292 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.072 + 0.466\alpha) - v_3(0.949 + 0.452\alpha) - v_4(0.047 + 0.036\alpha) - v_5(0.015 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.209 - 0.072\alpha) + u_2(2.597 - 0.362\alpha) + u_3(0.741 - 0.190\alpha) - v_1(0.327 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.258 + 0.466\alpha) - v_3(1.130 + 0.452\alpha) - v_4(0.047 + 0.029\alpha) - v_5(0.015 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.209 - 0.072\alpha) + u_2(2.114 - 0.604\alpha) + u_3(0.665 - 0.190\alpha) - v_1(0.155 + 0.172\alpha) \\ - v_2(0.792 + 0.466\alpha) - v_3(0.949 + 0.452\alpha) - v_4(0.018 + 0.022\alpha) - v_5(0.009 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0 \\
& \left[\begin{array}{l} u_1(0.252 - 0.072\alpha) + u_2(2.597 - 0.604\alpha) + u_3(0.703 - 0.190\alpha) - v_1(0.224 + 0.172\alpha) \\ - v_2(1.072 + 0.466\alpha) - v_3(0.949 + 0.452\alpha) - v_4(0.040 + 0.036\alpha) - v_5(0.015 + 0.008\alpha) \end{array} \right] \leq 0
\end{aligned}$$

16 tedarikçi firma için farklı α – kesimlerinde ($\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$) yukarıdaki modellerde amaç fonksiyonu ve birinci kısıt değiştirilmekte fakat ikinci kısıt tüm KVB’ler için aynı kalmaktadır. Yukarıdaki modeller 16 defa LINGO paket programında çözümlenerek her bir tedarikçi firma için etkinlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen etkinlik skorları ve etkinlik sıralaması Tablo 55’de gösterilmiştir.

Tablo 55. Wang- Greatbanks-Yang Modeli Etkinlik Skorları ve Etkinlik Sıralaması

KVB	$\alpha = 0$		$\alpha = 0.25$		$\alpha = 0.5$		$\alpha = 0.75$		$\alpha = 1$	
	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI
T1	(0.184, 1)	15	(0.290, 1)	16	(0.444, 1)	15	(0.669, 1)	15	1	1
T2	(0.193, 1)	14	(0.306, 1)	14	(0.466, 1)	14	(0.685, 1)	14	1	1
T3	(0.205, 0.844)	10	(0.313, 0.890)	10	(0.460, 0.927)	10	(0.670, 0.955)	10	0.976	13
T4	(0.216, 0.975)	11	(0.330, 0.999)	11	(0.485, 1)	11	(0.699, 1)	11	1	1
T5	(0.230, 0.825)	7	(0.341, 0.888)	7	(0.493, 0.931)	7	(0.707, 0.968)	6	1	1
T6	(0.243, 0.758)	4	(0.354, 0.828)	4	(0.505, 0.894)	5	(0.702, 0.929)	5	0.944	16
T7	(0.227, 0.799)	6	(0.333, 0.860)	6	(0.481, 0.915)	6	(0.695, 0.958)	7	0.987	12
T8	(0.301, 0.658)	1	(0.421, 0.753)	1	(0.579, 0.849)	1	(0.772, 0.934)	1	0.992	11
T9	(0.282, 0.730)	2	(0.404, 0.820)	2	(0.567, 0.908)	2	(0.771, 0.969)	2	1	1
T10	(0.201, 0.972)	12	(0.311, 0.997)	12	(0.468, 1)	12	(0.686, 1)	13	0.998	10
T11	(0.203, 1)	13	(0.313, 1)	13	(0.468, 1)	12	(0.688, 1)	12	1	1
T12	(0.228, 0.702)	3	(0.334, 0.777)	3	(0.487, 0.850)	3	(0.700, 0.921)	4	0.953	14
T13	(0.217, 0.816)	8	(0.326, 0.875)	7	(0.480, 0.926)	8	(0.685, 0.949)	8	0.952	15
T14	(0.279, 0.803)	5	(0.404, 0.881)	5	(0.575, 0.956)	4	(0.785, 1)	3	1	1
T15	(0.184, 1)	15	(0.291, 1)	15	(0.444, 1)	15	(0.667, 1)	16	1	1
T16	(0.237, 0.855)	9	(0.354, 0.920)	9	(0.518, 0.978)	9	(0.733, 1)	9	1	1

Wang ve arkadaşları (2005) tarafından geliştirilen minimax pişmanlık yaklaşımından yararlanılarak tedarikçilerin etkinlik sıralaması yapılmıştır. Tablo 55 incelendiğinde $\alpha = 0$ düzeyinde KVB'lerin etkinlik skorunun alt sınır ve üst sınır değerleri arasındaki farkın diğer α – kesim seviyelerine oranla daha yüksek olduğu ve α – kesim seviyeleri arttıkça bu farkın azaldığı görülmektedir. Ayrıca KVB'lerin alt etkinlik skorlarının $\alpha = 1$ seviyesinden $\alpha = 0$ seviyesine gidildikçe azaldığı Tablo 55'den anlaşılmaktadır. Karar verme birimlerinin üst etkinlik skorları sıralaması $\alpha = 1$ seviyesi için aşağıdaki gibidir.

$$T1 = T2 = T4 = T5 = T9 = T11 = T14 = T15 = T16 > T10 > T8 > T7 > T3 > T12 > T13 > T6$$

Tablo 55 incelendiğinde karar verme birimlerinin farklı α – kesim düzeylerinde etkinlik sıralamalarının değişken olduğu görülmektedir. Ayrıca T1, T2, T11 ve T15 numaralı tedarikçilerin tüm α – kesim düzeylerinde üst etkinlik skorları 1'dir. Wang-Greatbanks-Yang modeli sonucunda $\alpha = 1$ düzeyinde elde edilen etkinlik skorları Saati-Memariani-Jahanshahloo ve Kao-Liu modelleri sonucunda $\alpha = 1$ düzeyinde elde edilen etkinlik skorları ile aynıdır.

3.7.2.4 Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle Modeli

(2.93) numaralı model kullanılarak $\beta = \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5 = \alpha$ olabilirlik düzeyinde T1 numaralı tedarikçi firmanın etkinlik skorunun hesaplanması için oluşturulan Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle modeli aşağıda gösterilmektedir.

$$(\tilde{E}_k) = \max_{u,v,f} \bar{f}$$

$$(1 - \alpha)(0.252u_1 + 1.993u_2 + 0.665u_3) + \alpha(0.180u_1 + 1.389u_2 + 0.475u_3) \geq \bar{f}$$

$$(1 - \alpha)(0.464v_1 + 1.631v_2 + 1.492v_3 + 0.083v_4 + 0.026v_5)$$

$$+ \alpha(0.292v_1 + 1.165v_2 + 1.040v_3 + 0.047v_4 + 0.018v_5) \geq 1$$

$$(1 - \alpha)(0.120v_1 + 0.699v_2 + 0.588v_3 + 0.018v_4 + 0.010v_5) +$$

$$\alpha(0.292v_1 + 1.165v_2 + 1.040v_3 + 0.047v_4 + 0.018v_5) \leq 1$$

$$(1 - \alpha)[(0.108u_1 + 0.785u_2 + 0.285u_3) - (0.120v_1 + 0.699v_2 + 0.588v_3 + 0.018v_4 + 0.010v_5)]$$

$$+ \alpha[(0.180u_1 + 1.389u_2 + 0.475u_3) - (0.292v_1 + 1.165v_2 + 1.040v_3 + 0.047v_4 + 0.018v_5)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(0.108u_1 + 1.027u_2 + 0.209u_3) - (0.155v_1 + 0.979v_2 + 0.768v_3 + 0.018v_4 + 0.010v_5)]$$

$$+ \alpha[(0.180u_1 + 1.631u_2 + 0.399u_3) - (0.327v_1 + 1.445v_2 + 1.220v_3 + 0.047v_4 + 0.018v_5)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(0.137u_1 + 1.148u_2 + 0.323u_3) - (0.189v_1 + 0.979v_2 + 0.949v_3 + 0.040v_4 + 0.014v_5)]$$

$$+ \alpha[(0.209u_1 + 1.752u_2 + 0.513u_3) - (0.361v_1 + 1.445v_2 + 1.401v_3 + 0.068v_4 + 0.022v_5)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(0.122u_1 + 1.027u_2 + 0.361u_3) - (0.155v_1 + 0.792v_2 + 0.768v_3 + 0.025v_4 + 0.012v_5)]$$

$$+ \alpha[(0.194u_1 + 1.631u_2 + 0.551u_3) - (0.327v_1 + 1.258v_2 + 1.220v_3 + 0.054v_4 + 0.020v_5)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(0.122u_1 + 1.389u_2 + 0.361u_3) - (0.224v_1 + 1.072v_2 + 1.040v_3 + 0.047v_4 + 0.018v_5)]$$

$$+ \alpha[(0.194u_1 + 1.993u_2 + 0.551u_3) - (0.396v_1 + 1.538v_2 + 1.492v_3 + 0.083v_4 + 0.026v_5)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(0.122u_1 + 1.510u_2 + 0.361u_3) - (0.327v_1 + 1.258v_2 + 1.130v_3 + 0.054v_4 + 0.018v_5)]$$

$$+ \alpha[(0.194u_1 + 2.114u_2 + 0.551u_3) - (0.499v_1 + 1.724v_2 + 1.582v_3 + 0.090v_4 + 0.026v_5)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(0.122u_1 + 1.268u_2 + 0.437u_3) - (0.327v_1 + 1.165v_2 + 1.040v_3 + 0.040v_4 + 0.015v_5)]$$

$$+ \alpha[(0.194u_1 + 1.872u_2 + 0.627u_3) - (0.499v_1 + 1.631v_2 + 1.492v_3 + 0.076v_4 + 0.023v_5)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(0.137u_1 + 1.872u_2 + 0.437u_3) - (0.430v_1 + 1.538v_2 + 1.311v_3 + 0.076v_4 + 0.020v_5)]$$

$$+ \alpha[(0.209u_1 + 2.476u_2 + 0.627u_3) - (0.602v_1 + 2.004v_2 + 1.763v_3 + 0.112v_4 + 0.028v_5)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(0.122u_1 + 1.752u_2 + 0.437u_3) - (0.361v_1 + 1.351v_2 + 1.220v_3 + 0.061v_4 + 0.018v_5)]$$

$$+ \alpha[(0.194u_1 + 2.356u_2 + 0.627u_3) - (0.533v_1 + 1.817v_2 + 1.672v_3 + 0.097v_4 + 0.026v_5)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(0.050u_1 + 1.027u_2 + 0.247u_3) - (0.155v_1 + 0.792v_2 + 0.768v_3 + 0.025v_4 + 0.012v_5)]$$

$$+ \alpha[(0.122u_1 + 1.631u_2 + 0.437u_3) - (0.327v_1 + 1.258v_2 + 1.220v_3 + 0.061v_4 + 0.020v_5)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(0.079u_1 + 1.027u_2 + 0.323u_3) - (0.224v_1 + 0.699v_2 + 0.768v_3 + 0.032v_4 + 0.014v_5)]$$

$$+ \alpha[(0.151u_1 + 1.631u_2 + 0.513u_3) - (0.396v_1 + 1.165v_2 + 1.220v_3 + 0.061v_4 + 0.022v_5)] \leq 0$$

$$(1 - \alpha)[(0.122u_1 + 1.389u_2 + 0.361u_3) - (0.327v_1 + 1.351v_2 + 1.040v_3 + 0.061v_4 + 0.018v_5)]$$

$$+ \alpha[(0.194u_1 + 1.993u_2 + 0.551u_3) - (0.499v_1 + 1.817v_2 + 1.492v_3 + 0.097v_4 + 0.026v_5)] \leq 0$$

$$\begin{aligned}
& (1 - \alpha)[(0.079u_1 + 1.268u_2 + 0.323u_3) - (0.292v_1 + 1.072v_2 + 0.949v_3 + 0.047v_4 + 0.015v_5)] \\
& + \alpha[(0.151u_1 + 1.872u_2 + 0.513u_3) - (0.464v_1 + 1.538v_2 + 1.401v_3 + 0.083v_4 + 0.023v_5)] \leq 0 \\
& (1 - \alpha)[(0.065u_1 + 1.631u_2 + 0.361u_3) - (0.327v_1 + 1.258v_2 + 1.130v_3 + 0.047v_4 + 0.015v_5)] \\
& + \alpha[(0.137u_1 + 2.235u_2 + 0.551u_3) - (0.499v_1 + 1.724v_2 + 1.582v_3 + 0.083v_4 + 0.023v_5)] \leq 0 \\
& (1 - \alpha)[(0.065u_1 + 0.906u_2 + 0.285u_3) - (0.155v_1 + 0.792v_2 + 0.949v_3 + 0.018v_4 + 0.009v_5)] \\
& + \alpha[(0.137u_1 + 1.510u_2 + 0.475u_3) - (0.327v_1 + 1.258v_2 + 1.0401v_3 + 0.040v_4 + 0.017v_5)] \leq 0 \\
& (1 - \alpha)[(0.108u_1 + 1.389u_2 + 0.323u_3) - (0.224v_1 + 1.072v_2 + 0.949v_3 + 0.040v_4 + 0.015v_5)] \\
& + \alpha[(0.180u_1 + 1.993u_2 + 0.513u_3) - (0.396v_1 + 1.538v_2 + 1.401v_3 + 0.076v_4 + 0.023v_5)] \leq 0
\end{aligned}$$

16 tedarikçi firma için farklı α – kesimlerinde ($\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$) yukarıdaki modeller amaç fonksiyonu ve son kısıt aynı kalmak üzere diğer kısıtlar değiştirilerek, 16 defa LINGO paket programında çözümlenerek her bir tedarikçi firma için etkinlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen etkinlik skorları ve etkinlik sıralaması Tablo 56’da gösterilmiştir.

Tablo 56. Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle Modeli Etkinlik Skorları ve Etkinlik Sıralaması

KVB	$\alpha = 0$		$\alpha = 0.25$		$\alpha = 0.5$		$\alpha = 0.75$		$\alpha = 1$	
	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI	ES	EI
T1	2.530	1	1.957	2	1.550	2	1.242	2	1	1
T2	2.414	3	1.892	3	1.516	3	1.228	3	1	1
T3	1.946	7	1.623	8	1.363	8	1.154	9	0.976	13
T4	2.180	5	1.771	5	1.456	5	1.205	5	1	1
T5	1.846	11	1.577	9	1.353	9	1.164	8	1	1
T6	1.709	13	1.467	13	1.264	13	1.091	16	0.944	16
T7	1.850	10	1.568	10	1.339	10	1.148	11	0.987	12
T8	1.512	16	1.352	16	1.215	16	1.094	14	0.992	11
T9	1.627	15	1.432	16	1.267	14	1.124	12	1	1
T10	2.176	6	1.769	6	1.454	6	1.204	6	0.998	10
T11	2.334	4	1.858	4	1.500	4	1.222	4	1	1
T12	1.704	14	1.463	14	1.262	15	1.094	14	0.953	14
T13	1.855	9	1.559	11	1.319	12	1.120	13	0.952	15
T14	1.786	12	1.535	12	1.326	11	1.150	10	1	1
T15	2.522	2	1.968	1	1.576	1	1.261	1	1	1
T16	1.943	8	1.634	7	1.382	7	1.175	7	1	1

Tablo 56 incelendiğinde bütün tedarikçilerin $\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75$ kesim seviyelerinde etkinlik değeri 1'den büyük olduğundan tüm firmalar $\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75$ kesim düzeyinde etkindir. Bütün karar verme birimlerinin etkinlik skorları $\alpha = 0$ 'dan $\alpha = 1$ 'e doğru gittikçe azalmaktadır.

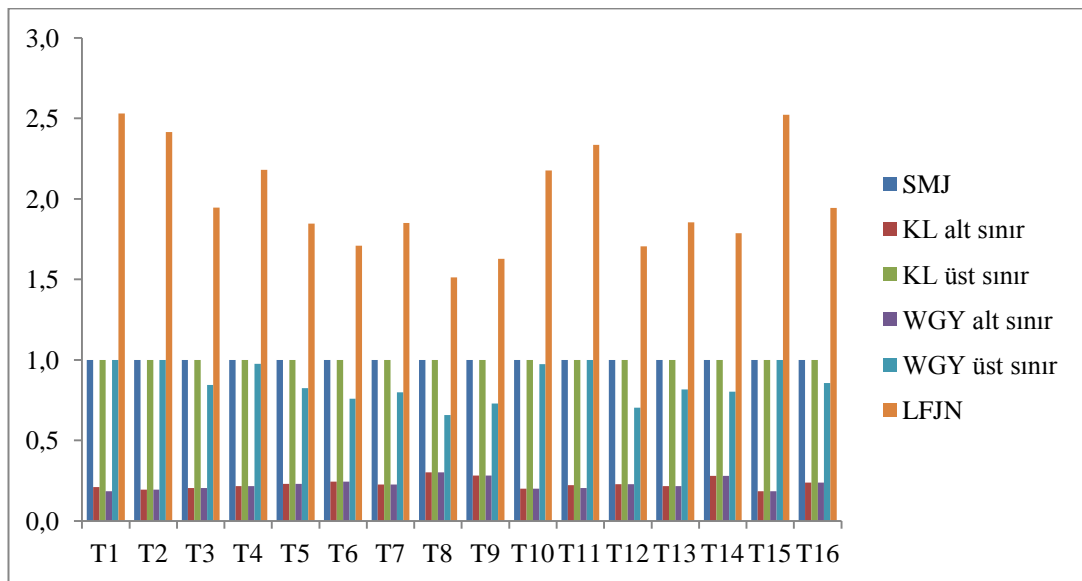
$\alpha = 0$ seviyesinde tedarikçi firmaların etkinlik sıralaması aşağıdaki gibidir.

$$T1 > T15 > T2 > T11 > T4 > T10 > T3 > T16 > T13 > T17 > T5 > T14 > T6 > T12 > T9 > T8$$

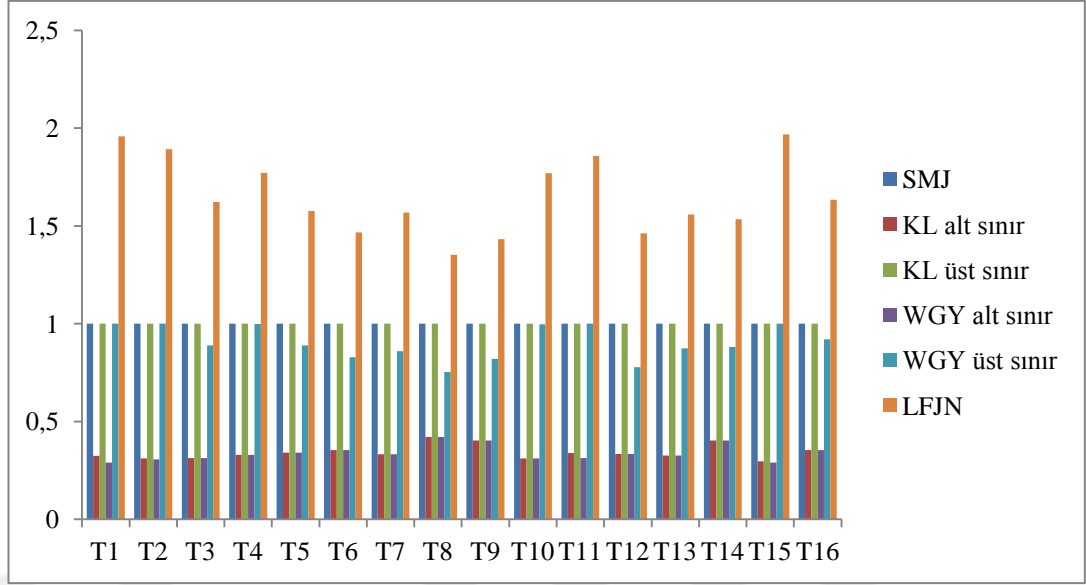
Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle Modeli sonucunda $\alpha = 1$ seviyesinde elde edilen etkinlik skoru diğer üç model sonucunda $\alpha = 1$ seviyesinde elde edilen etkinlik skoru ile aynıdır. $\alpha = 1$ seviyesinde tedarikçi firmaların etkinlik sıralaması aşağıdaki gibidir.

$$T1 = T2 = T4 = T5 = T9 = T11 = T14 = T15 = T16 > T10 > T8 > T7 > T3 > T12 > T13 > T6$$

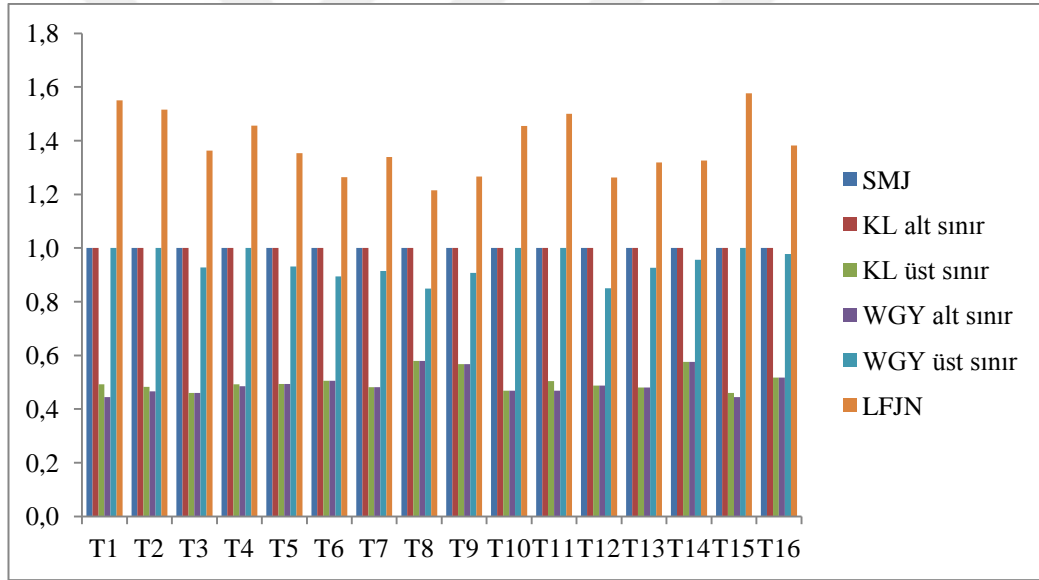
Literatürde farklı bulanık VZA modelleriyle yapılan etkinlik analizlerinin karşılaştırıldığı çalışmalara rastlamak mümkündür (Kabak, 2017: 141-143; Marbini vd., 2017: 2761-2779). Yukarıdaki dört modelin isimleri sırasıyla SMJ (Saati-Memariani-Jahanshahloo), KL (Kao-Liu), WGY (Wang-Greatbanks-Yang) ve LFJN (Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle) şeklinde kısaltılmış ve bu modellerin etkinlik skorları karşılaştırması Şekil 16, Şekil 17, Şekil 18, Şekil 19, Şekil 20 ve Tablo 57'de gösterildiği gibi yapılmıştır.



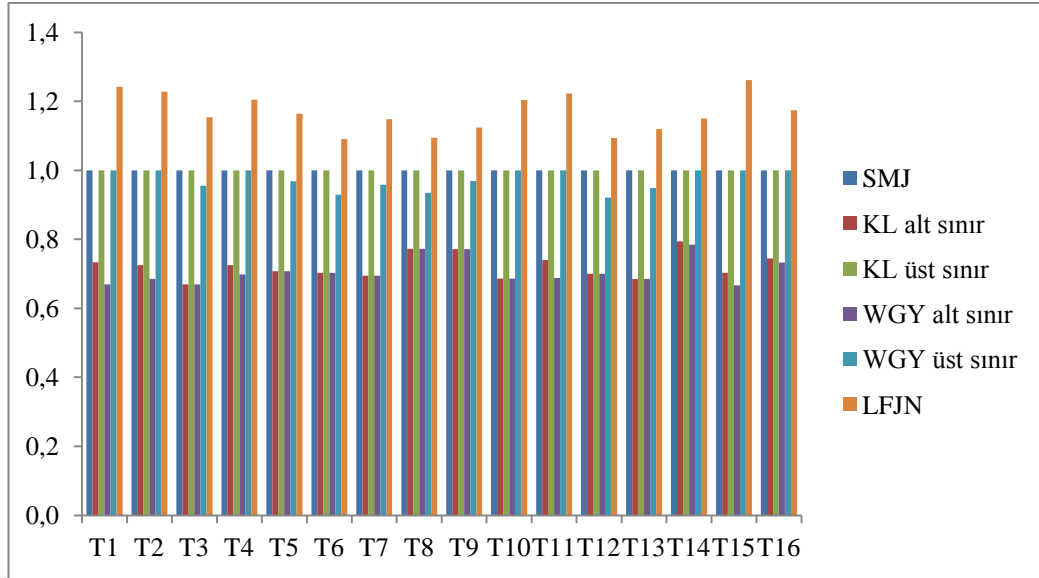
Şekil 16. $\alpha = 0$ Kesim Düzeyinde Etkinlik Skorları Karşılaştırması



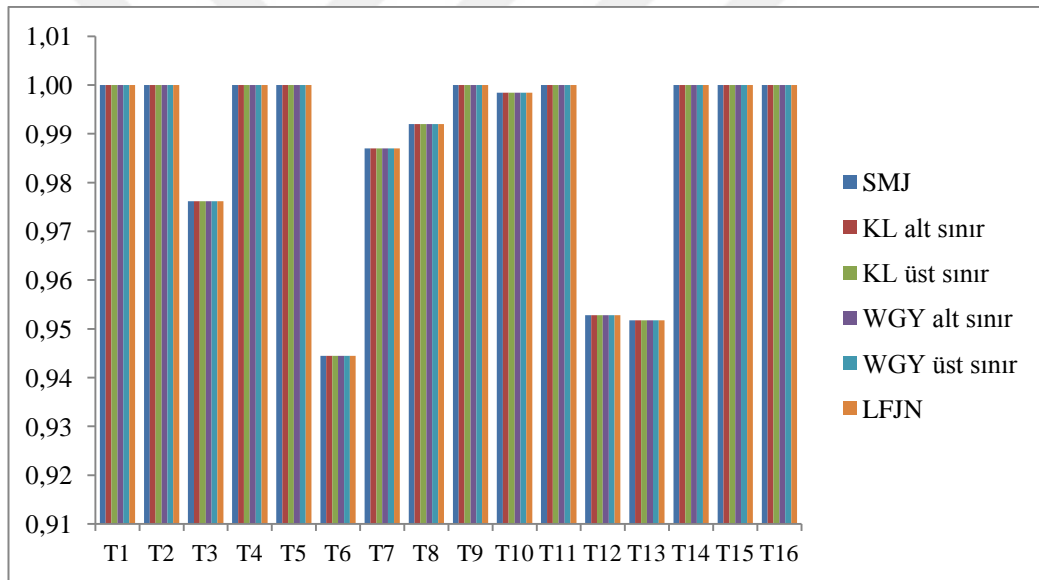
Şekil 17. $\alpha = 0.25$ Kesim Düzeyinde Etkinlik Skorları Karşılaştırması



Şekil 18. $\alpha = 0.5$ Kesim Düzeyinde Etkinlik Skorları Karşılaştırması



Şekil 19. $\alpha = 0.75$ Kesim Düzeyinde Etkinlik Skorları Karşılaştırması



Şekil 20. $\alpha = 1$ Kesim Düzeyinde Etkinlik Skorları Karşılaştırması

Şekil 20 incelendiğinde $\alpha = 1$ kesim düzeyinde her bir karar verme biriminin dört farklı bulanık VZA modelinde de aynı etkinlik skoruna sahip olduğu görülmektedir.

Bütün karar verme birimlerinin $\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$ kesim düzeylerindeki etkinlik sıralaması dört farklı bulanık VZA modeli için Tablo 57'deki gibi oluşturulmuştur.

Marbini ve arkadaşları (2017) çalışmalarında farklı $\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$ kesim düzeylerinde tedarikçileri etkinliklerine göre sıralamak için renk kodu benzetimlerini kullanmışlar ve tedarikçileri üç kategoriye ayırmışlardır.

Çalışmanın bu bölümünde 16 adet tedarikçiyi aşağıdaki renk kodu benzetimlerini kullanarak Tablo 57'deki gibi üç kategoriye ayırmak mümkündür.

Renk kodu benzetimleri:

Kırmızı (1-5 arası): Tercih edilen tedarikçiler

Sarı (6-10 arası): Onaylanmış tedarikçiler

Mavi (11-16 arası): Onaylanmamış tedarikçiler

Literatürde birden çok sıralama listesinden tek bir sıralama listesi elde etmek için Borda Kuralı'nın kullanıldığı çalışmalara rastlamak mümkündür (Nuray ve Can, 2006: 595-614; Wu, 2012: 321-335; Çakır, 2015: 155-157).

Tablo 57. Bulanık VZA Modellerine Göre Etkinlik Sıralaması

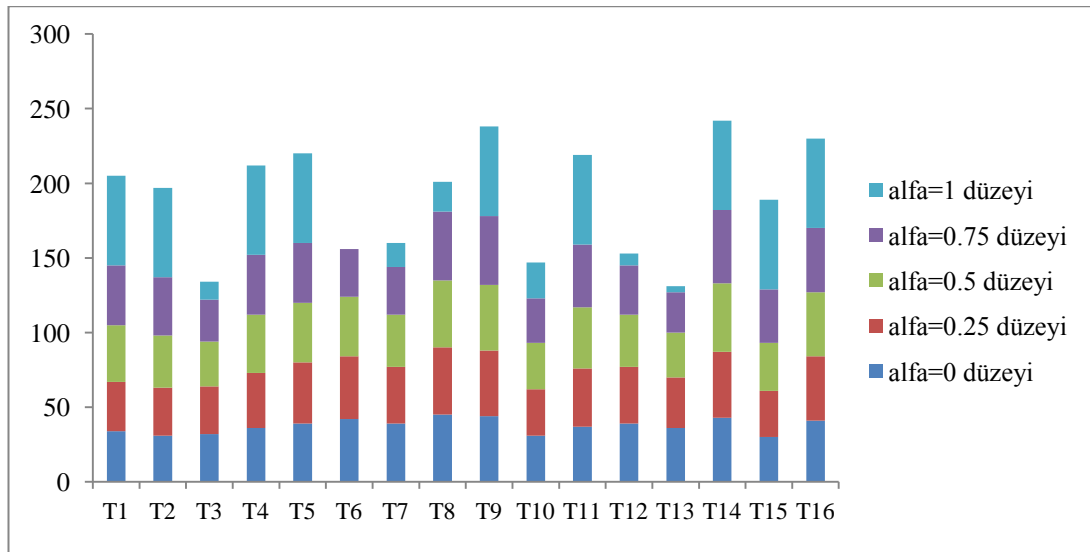
KVB	ALFA KESİM SEVİYELERİ																			
	0				0.25				0.5				0.75				1			
	MODEL İSMİ				MODEL İSMİ				MODEL İSMİ				MODEL İSMİ				MODEL İSMİ			
	SMJ	KL	WGY	LFJN	SMJ	KL	WGY	LFJN	SMJ	KL	WGY	LFJN	SMJ	KL	WGY	LFJN	SMJ	KL	WGY	LFJN
T1	1	12	15	1	1	12	16	2	1	8	15	2	1	6	15	2	1	1	1	1
T2	1	15	14	3	1	14	14	3	1	11	14	3	1	7	14	3	1	1	1	1
T3	1	13	10	7	1	13	10	8	1	15	10	8	1	16	10	9	13	13	13	13
T4	1	11	11	5	1	10	11	5	1	8	11	5	1	7	11	5	1	1	1	1
T5	1	6	7	11	1	6	7	9	1	7	7	9	1	9	6	8	1	1	1	1
T6	1	4	4	13	1	4	4	13	1	5	5	13	1	10	5	16	16	16	16	16
T7	1	8	6	10	1	9	6	10	1	12	6	10	1	13	7	11	12	12	12	12
T8	1	1	1	16	1	1	1	16	1	1	1	16	1	2	1	14	11	11	11	11
T9	1	2	2	15	1	2	2	15	1	3	2	14	1	3	2	12	1	1	1	1
T10	1	14	12	6	1	14	12	6	1	14	12	6	1	14	13	6	10	10	10	10
T11	1	9	13	4	1	7	13	4	1	6	12	4	1	5	12	4	1	1	1	1
T12	1	7	3	14	1	8	3	14	1	10	3	15	1	12	4	14	14	14	14	14
T13	1	10	8	9	1	11	7	11	1	13	8	12	1	15	8	13	15	15	15	15
T14	1	3	5	12	1	2	5	12	1	2	4	11	1	1	3	10	1	1	1	1
T15	1	16	15	2	1	16	15	1	1	15	15	1	1	10	16	1	1	1	1	1
T16	1	5	9	8	1	4	9	7	1	4	9	7	1	4	9	7	1	1	1	1

Tablo 57'deki etkinlik sıralaması göz önüne alındığında ve Borda Kuralı (2.142) numaralı eşitliğe göre uygulandığında etkinlik sıralaması 1 olan karar verme birimi için "15" puan etkinlik sıralaması 16 olan karar verme birimi için "0" puan atanmaktadır. Her bir α – kesim düzeyinde karar verme birimlerinin elde ettikleri Borda skorları Tablo 58'de verilmiştir.

Tablo 58. Dört Farklı Bulanık VZA Modeline Göre Elde Edilen Borda Skorları

KVB	Alfa (α) Düzeyleri					Borda Skorları Toplamı	Borda Skorları Ortalaması
	0	0.25	0.5	0.75	1		
T1	35	33	38	40	60	206	41.2
T2	31	32	35	39	60	197	39.4
T3	33	32	30	28	12	135	27
T4	36	37	39	40	60	212	42.4
T5	39	41	40	40	60	220	44
T6	42	42	40	32	0	156	31.2
T7	39	38	35	32	16	160	32
T8	45	45	45	46	20	201	40.2
T9	44	44	44	46	60	238	47.6
T10	31	31	31	30	24	147	29.4
T11	37	39	41	42	60	219	43.8
T12	39	38	35	33	8	153	30.6
T13	36	34	30	27	4	131	26.2
T14	43	44	46	49	60	242	48.4
T15	30	31	32	36	60	189	37.8
T16	41	43	43	43	60	230	46

Tablo 58'e göre farklı α – kesim düzeylerinde karar verme birimlerinin etkinliklerinin sıralanması Şekil 21'de gösterildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 21. Farklı α – Kesim Düzeylerinde Etkinlik Sıralaması

Tablo 58 ve Şekil 21 incelendiğinde $\alpha = 1$ düzeyinde 6 numaralı karar verme birimi olan T6'nın etkinlik sıralamasında "0" puan ile son sırada yer aldığı, $\alpha = 0$ düzeyinde T8'in etkinlik sıralamasında birinci sırada ve T15'in son sırada yer aldığı, $\alpha = 0.25$ düzeyinde T8'in etkinlik sıralamasında birinci sırada, T10 ve T15'in son sırada yer aldığı, $\alpha = 0.5$ düzeyinde T14'ün etkinlik sıralamasında ilk sırada, T3 ve T13'ün son sırada yer aldığı, $\alpha = 0.75$ düzeyinde T14'ün etkinlik sıralamasında ilk sırada ve T13'ün son sırada yer aldığı görülmektedir.

Dört farklı bulanık VZA modeline göre farklı α – kesim düzeylerinde en etkin olan karar verme birimleri ve etkinliği en düşük olan karar verme birimleri Tablo 59'da gösterilmiştir.

Tablo 59. Dört Farklı Bulanık VZA Modeline Göre En Etkin Olan Karar Verme Birimleri ve Etkinliği En Düşük Olan Karar Verme Birimleri

Alfa (α) Düzeyleri	En Etkin KVB(ler)	Etkinlik Değeri En Düşük Olan KVB(ler)
0	T8, T9, T14	T2, T10, T15
0.25	T8, T9, T14	T2, T3, T10, T15
0.5	T8, T9, T14	T3, T10, T13
0.75	T8, T9, T14	T3, T10, T13
1	T1, T2, T4, T5, T9, T11, T14, T15, T16	T6, T12, T13

Tablo 53, Tablo 54, Tablo 55, Tablo 56, Tablo 57, Tablo 58 ve Tablo 59 incelendiğinde bütün α – kesim düzeylerine göre T14 numaralı karar verme biriminin en etkin karar verme birimi ve T13 numaralı karar verme biriminin ise etkinliği en düşük olan karar verme birimi olduğunu söylemek mümkündür.

SONUÇ

Günümüzde işletmelerin tedarik zincirleri arasında büyük rekabetler yaşanmaktadır. Tedarik zinciri performansının bütün sektörlerde işletme başarısını doğrudan etkilediğini söylemek mümkündür. Tekstil sektörü rekabetin her geçen gün arttığı ve kaynak israfının çok fazla olduğu emek yoğun bir sektördür. Tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin küresel pazarlarda sürdürülebilir bir rekabet avantajı sağlamaları ve varlıklarını devam ettirebilmeleri için kaynaklarını daha etkin bir biçimde kullanmaları ve tedarikçilerinin performanslarını sürekli olarak değerlendirmeleri gerekmektedir.

Performansın önemli bir boyutu olan etkinlik, kaynakların kullanım oranıyla ve nasıl kullanıldığı ile ilgili bir kavramdır. Parametrik olmayan yöntemlerden birisi olan VZA yöntemi etkinlik ölçümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. AHP yöntemi ise bir ya da daha çok karar vericinin olduğu, daha fazla alternatif ve kriterin bulunduğu karar verme problemlerinde kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bulanık AHP belirsizlik durumunda karar vericilerin değerlendirme yapmalarını kolaylaştırıcı bir yöntemdir. Etkinlik sonuçları değerlendirilirken bulanık VZA yöntemi kullanılarak yapılan etkinlik ölçümünün göreceli bir etkinlik ölçümü olduğu unutulmamalıdır.

Bu çalışmada Uşak ilinde bulunan ve tekstil sektörünün alt sektörlerinden birisi olan battaniye sektöründe faaliyet gösteren beş farklı işletmenin ortak elyaf tedarikçilerinin performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak çalışmada bulanık AHP ve bulanık VZA yöntemleri birlikte kullanılmıştır.

Çalışmada 16 adet elyaf tedarikçisi firmanın performansları bulanık AHP ve bulanık VZA yöntemleri birlikte kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın uygulama kısmında 26 kriterden oluşan 7'li Likert tipi ölçek beş farklı firma satın alma uzmanına uygulanarak kriterlerin önem seviyeleri tespit edilmiştir. İlk 8'de bulunan kriterler, fiyat, kalite, ham madde özelliği, güvenilirlik, teslimat, stok durumu, ham madde kirlilik oranı ve esneklik kriterleri olarak belirlenmiştir. Chang (1996)'in Genişletilmiş Analiz Yöntemi ile söz konusu 8 kriterin ağırlıkları hesaplanmıştır. Bulanık AHP uygulaması sonunda Tablo 33'te gösterildiği gibi 0.302 ağırlıkla "kalite" kriteri ilk sırada ve 0.004 ağırlıkla "esneklik" kriteri son sırada yer almaktadır. Çalışmanın tutarlı olup olmadığı için Tutarlılık Oranı hesaplanmıştır. Her bir karar verici (uzman) tarafından yapılan ikili karşılaştırmalara ilişkin Tutarlılık Oranları'nın 0.10'dan küçük olması karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermektedir. Bulanık AHP yöntemiyle ağırlıkları hesaplanan kriterler bulanık VZA uygulamasında girdi ve çıktı değişkenleri olarak kullanılmıştır.

Bulanık VZA yöntemleri kullanılarak tedarikçi firmaların farklı α -kesimlerinde ($\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1$) etkinlikleri ölçülmüştür. Dört farklı bulanık VZA modeli kullanılarak gerçekleştirilen etkinlik ölçümü değerlendirmelerine aşağıda maddeler halinde yer verilmiştir.

- Saati-Memariani-Jahanshahloo modeline göre T1, T2, T4, T5, T9, T11, T14, T15 ve T16 numaralı karar verme birimleri tüm α -kesim düzeylerinde etkindir. T3, T6, T7, T8, T10, T12 ve T13 karar verme birimleri $\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75$ kesim düzeylerinde etkin, $\alpha = 1$ kesim düzeyinde etkin değildir.
- Kao-Liu modeline göre üst etkinlik skorları değerlendirildiğinde tüm α -kesim düzeylerinde T1, T2, T4, T5, T9, T11, T14, T15 ve T16 numaralı karar verme birimleri etkindir. T3, T6, T7, T8, T10, T12 ve T13 karar verme birimleri $\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75$ kesim düzeylerinde etkin, $\alpha = 1$ kesim düzeyinde etkin değildir.
- Wang-Greatbanks-Yang modeline göre üst etkinlik skorları değerlendirildiğinde T1, T2, T11 ve T15 numaralı karar verme birimleri tüm

α – kesim düzeylerinde etkindir. Ayrıca T4 ve T10 numaralı karar verme birimleri $\alpha = 0.5, 0.75, 1$ kesim düzeylerinde etkin, T14, T15 ve T16 numaralı karar verme birimleri $\alpha = 0.75, 1$ kesim düzeylerinde etkindir, T5 ve T9 numaralı karar verme birimleri $\alpha = 1$ kesim düzeyinde etkindir.

- Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttall modeline göre T1, T2, T4, T5, T9, T11, T14, T15 ve T16 numaralı karar verme birimleri tüm α – kesim düzeylerinde etkindir. T3, T6, T7, T8, T10, T12 ve T13 karar verme birimleri $\alpha = 0, 0.25, 0.5, 0.75$ kesim düzeylerinde etkin, $\alpha = 1$ kesim düzeyinde etkin değildir.
- Dört farklı bulanık VZA modeli kullanılarak $\alpha = 1$ kesim düzeyinde gerçekleştirilen etkinlik ölçümü sonunda elde edilen etkinlik skorları aynıdır. Bu nedenle bulanık girdi ve çıktı değişkenleri kullanılarak gerçekleştirilen etkinlik ölçümünün $[0, 1]$ arasındaki farklı α – kesim düzeylerinde gerçekleştirilmesi oldukça önemlidir.
- Dört farklı bulanık VZA modeli etkinlik sonuçlarına göre T1, T2, T4, T5, T9, T11, T14, T15 ve T16 numaralı karar verme birimleri bütün bulanık VZA modellerinde etkin ve T10 numaralı karar verme birimi yalnızca Wang-Greatbanks-Yang modelinde etkindir. Bu duruma göre uygulamada kullanılan dört farklı bulanık VZA modelinin hepsinde de T1, T2, T4, T5, T9, T11, T14, T15 ve T16 numaralı karar verme birimleri etkin karar verme birimleri olarak, T3, T6, T7, T8, T12 ve T13 numaralı karar verme birimleri ise etkin olmayan karar verme birimleri olarak bulunmuştur.
- Dört farklı bulanık VZA modeli etkinlikleri Borda Kuralı yöntemi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Tedarikçilerin etkinlik sıralamalarını belirlemek için yapılan karşılaştırma sonuçlarına göre T14 numaralı tedarikçi "242" borda skoruyla ilk sırada, T9 numaralı tedarikçi "238" borda skoruyla ikinci sırada, T13 numaralı tedarikçi "131" borda skoruyla son sırada yer almaktadır.
- Dört farklı bulanık VZA modeli değerlendirildiğinde Saati-Memariani-Jahanshahloo modelinde ve Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttall modelinde bütün tedarikçiler $\alpha = 1$ kesim düzeyi dışındaki diğer α – kesim düzeylerinde etkin çıkmışlardır. Bu iki modele ek olarak çalışmada Kao-Liu modeli ve

Wang-Greatbanks-Yang modelleri de kullanılarak etkinlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu sayede farklı bulanık VZA modellerinin etkinlik sonuçlarını karşılaştırmak ta mümkün olmuştur.

- Her bir bulanık VZA modelinin diğer modellere göre güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Ayrıca bulanık VZA modelleri kullanılarak gerçekleştirilen etkinlik ölçümlerinin göreceli olduğu unutulmamalıdır.

Yapılan değerlendirmeler sonunda etkin olan/olmayan tedarikçiler belirlenmiştir. Bunlara ek olarak etkin olmayan tedarikçilerin etkin olan tedarikçilere göre etkin olmadıkları alanlarda kendilerini geliştirmeleri için yapılması gereken öneriler ve iyileştirmeler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- VZA etkinlik ölçüm sonuçlarında etkin olmayan karar verme birimleri için etkin olan karar verme birimleri bir referans setidir. Bu sonuçlara bakılarak karşılaştırmalı analizler yapılabilir. Genel olarak bakıldığında girdi odaklı VZA modeli kullanıldıysa girdilerin azaltılması söz konusudur. Benzer şekilde çıktı odaklı VZA modeli kullanıldıysa çıktıların artırılması söz konusudur.
- Etkin olmayan tedarikçilerin fiyat politikalarını tekrar gözden geçirmelerinin yararlı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca ürünün tedarikçiden firmalara teslimine kadar olan süreçte oluşabilecek bütün maliyetlerin dikkate alınarak net fiyatın belirlenmesi, çeşitli sebepler göstererek fiyat değişikliğine gidilmemesi ve istikrarlı bir fiyat politikası izlenilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.
- Etkin olmayan tedarikçilerin kalite kavramına daha fazla önem vermesinin yararlı olacağı düşünülmektedir. Bundan dolayı tekstil ürünleri üretimi yapan işletmelerin tedarikçilerine kalite sistemleri konusunda eğitim ve bilgi desteği sağlamalarının faydalı olacağı düşünülmektedir. Bunlara ek olarak tedarikçilerini kalite sistemleri konusunda sürekli izlemeleri ve bir takım şartlar ortaya koymaları yararlı olabilir.
- Etkin olmayan tedarikçilerin stok düzeylerini sürekli olarak kontrol etmelerinin, daha esnek bir yapı oluşturmalarının ve güvenilirliklerini

olumsuz etkileyebilecek durumlardan kaçınmalarının faydalı olacağı düşünülmektedir.

- Ürün kalitesine doğrudan etki eden ham madde özelliği ve ham madde kirlilik oranı kriterlerinin tekstil sektörü açısından önemli olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı etkin olmayan tedarikçilerin işletmelerinde ham madde kirlilik oranına ilişkin süreçler geliştirmelerinin, ham madde özelliklerine göre ürünleri gruplandırmalarının ve ürün özelliklerini belirten tanıtıcı etiketler oluşturmalarının faydalı olacağı düşünülmektedir.
- Etkin olmayan tedarikçilerin teslim ettikleri ürünlerin zamanında, eksiksiz teslim edilmesine dikkat etmelerinin ve teslim ettikleri ürünlerin ambalajının deforme olmamasına, teslim ettikleri ürünle sipariş edilen ürünün aynı olmasına dikkat etmelerinin yararlı olacağı düşünülmektedir.
- Etkin olmayan tedarikçilerin işletmelerinde kalite, fiyat, teslimat, ham madde kirlilik oranı, ham madde özelliği, stok durumu, güvenilirlik ve esneklik kriterleri için değer akış haritalama yönteminde olduğu gibi mevcut ve gelecek durum haritaları çıkarılarak değer katan/katmayan faaliyetler belirlenebilir. Böylelikle tedarikçiler söz konusu kriterlere ilişkin yapabilecekleri iyileştirmelerin neler olduğunu belirleyebilirler.

Çalışma tekstil ve hazır giyim sektörü ve özellikle geri dönüşüm ham maddelerin yoğun bir biçimde kullanıldığı battaniye sektöründe ham madde kirlilik oranı ve ham madde özelliği kriterlerinin tedarikçilerin değerlendirilmesinde oldukça önemli olduğunu ve mutlaka dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Tekstil ve hazır giyim sektöründe kullanılan ham madde ürünün kalitesini, üretim verimliliğini, iş sağlığı ve güvenliği prosedürlerini, üretim maliyetlerini doğrudan etkilediğinden dolayı tekstil ve hazır giyim sektöründe fiyatı düşük ham madde ile üretim gerçekleştirmek çoğu zaman ürünlerin birim maliyetini artırmakta ve sonraki süreçlerde firmaları olumsuz şekilde etkilemektedir.

Çalışma sonuçları tekstil sektörünün alt sektöründen olan battaniye sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin sadece fiyatı düşük ham madde tedarik eden firmalar yerine güvenilir, esnek, stok durumuna ve teslimat kriterine önem veren firmaları ve kaliteli, ham madde kirlilik oranı ve ham madde özellikleri üretim süreçlerine uygun

ham maddeleri tedarik eden firmaları tedarikçi listelerinde bulundurmalarının önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Tekstil ve hazır giyim sektörü için tedarikçi konumunda bulunan firmaların üretici işletmelerin onaylı tedarikçi listelerinde yer alabilmeleri için aşağıda maddeler halinde verilen önerileri dikkate almaları gerektiği düşünülmektedir.

- Tedariklerini sağladıkları ham maddelerin özelliklerini (lif uzunluğu, lif inceliği, düzgünlük ve geri dönüşüm malzemenen elde edilmiş olması veya orjinal malzemenen elde edilmiş olması gibi) ve ham madde kirlilik oranını gösterir belgeleri üniversite veya diğer yetkili kuruluşlardan almaları,
- Kalite yönetim sistemi ve çevre yönetim sistemi belgelerine sahip olmaları,
- Tedariklerini sağladıkları ham maddelerin çevreye ve insan sağlığına zarar vermediğine dair belgeleri üniversite veya diğer yetkili kuruluşlardan almaları,
- Tedariklerini sağladıkları ham maddeleri satın aldıkları firmalar için onaylı tedarikçi listeleri oluşturmaları ve tedarikçi seçim kriterlerine göre değerlendirmeleri,
- Tedarik süresine önem vermeleri, esnek çalışmaları, işbirliğine önem vermeleri, sürekli talep edilen ham maddeler için stok düzeyini optimum şekilde düzenlemeleri, kendi firmalarının güvenilirliğine zarar verecek uygulamalardan uzak durmaları,
- Tedarik ettikleri ham maddeler için sadece fiyat avantajı sunmak yerine fiyat kriteri ve diğer önemli kriterleri birlikte ele alarak tedarikçilere avantaj sunmalı ve rakiplerine karşı üstünlük sağlamaları gerektiği düşünülmektedir.

Literatür incelendiğinde tekstil sektöründe bulanık AHP ve bulanık VZA yöntemlerinin birlikte kullanıldığı ve farklı bulanık VZA metotlarının karşılaştırıldığı başka bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma battaniye sektöründe yapılmasından dolayı literatürde bulunan diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır. Çalışma bu açıdan değerlendirildiğinde bu konuda araştırma yapacaklara ve sektörde faaliyet gösteren işletme yöneticilerine bir takım kolaylıklar sağlayabilecektir.

İleride yapılacak olan çalışmalarda farklı girdi ve çıktı değişkenleri kullanılarak performans değerlendirmesi yapılabilir. Ayrıca farklı bulanık AHP ve bulanık VZA modelleri birlikte kullanılarak veya farklı çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak tekstil sektöründe ya da diğer sektörlerde çalışmalar gerçekleştirilebilir.



KAYNAKÇA

- Abduljabar JS (2011) Bulanık Mantık Yöntemleri Kullanılarak Gazlı İçeceklerde Karbondioksit Kontrolü. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Acar AZ, Önden İ, Gürel Ö (2016) Evaluation of the Parameters of the Green Supplier Selection Decision in Textile Industry. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 24(5): 8-14.
- Acar D, Ateş BA (2011) Tedarik Zinciri Faaliyetlerinin Faliyetleri ve Dış Kaynak Kullanımı İlişkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 16(3): 9-27.
- Afsordegan A, Sanchez M, Agell N, Zahedi S, Cremades LV (2016) Decision Making Under Uncertainty Using A Qualitative TOPSIS Method for Selecting Sustainable Energy Alternatives. *International Journal of Environmental Science and Technology* 13(6): 1419-1432.
- Akgünlü GH (2015) Tedarik Zinciri Yönetiminde Güç İlişkisinin Stratejik Boyutu ve Tedarikçi Tatmini Üzerine Bir Araştırma. *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi* 11(44): 147-172.
- Akman G, Alkan A (2006) Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde Bir uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 5(9): 23-46.
- Aktaş H, Çağman N (2005) Bulanık ve Yaklaşımlı Kümeler. *Çankaya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Dergisi* 3: 13-25.
- Akyüz G (2012) Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Fabrika İmalat Performansının Ölçümü. *Ege Akademik Bakış Dergisi* 12(3): 323-338.

- Alipour M, Alighaleh S, Hafezi R, Omranievardi M (2017) A New Hybrid Decision Framework for Prioritizing Funding Allocation to Iran's Energy Sector. *Energy* 121(15): 388-402.
- Alniak MO (2011) *Tedarik Zinciri Satınalma Yönetimi* (Papatya Yayınları, Ankara).
- Amid A, Ghodsypour SH, O'Brien C (2011) A Weighted Max–Min Model for Fuzzy Multi-Objective Supplier Selection in A Supply Chain. *International Journal of Production Economics* 131(1): 139-145.
- Amindoust A, Saghafinia A (2017) Textile Supplier Selection in Sustainable Supply Chain Using a Modular Fuzzy Inference System Model. *The Journal of The Textile Institute* 108(7): 1250-1258.
- Angiz MZ, Emrouznejad A, Mustafa A (2012) Fuzzy Data Envelopment Analysis: A Discrete Approach. *Expert Systems with Applications* 39(3): 2263-2269.
- Arıkan F, Küçükce YS (2012) Satınalma Faaliyetleri İçin Bir Tedarikçi Seçimi-Değerlendirme Problemi ve Çözümü. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 27(2): 255-264.
- Ayağ Z (2005) A Fuzzy AHP-Based Simulation Approach to Concept Evaluation in A NPD Environment. *IIE Transactions* 37(9): 827-842.
- Aydemir ZC (2002) Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması. Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ayyıldız G, Demirel NÇ (2010) Çok Kriterli Tedarikçi Değerlendirme Problemine Bulanık Choquet İntegrali Yaklaşımı. *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi (Sigma)* 28: 214-223.
- Azimifard A, Moosavirad SH, Ariafar S (2018) Selecting Sustainable Supplier Countries for Iran's Steel Industry at Three Levels by Using AHP and TOPSIS Methods. *Resources Policy* In Press(Corrected Proof): 1-15.
- Awasthi A, Govindan K, Gold S (2018) Multi-Tier Sustainable Global Supplier Selection Using A Fuzzy AHP-VIKOR Based Approach. *International Journal of Production Economics* 195(2): 106-117.
- Badri M, Qubaisi AA, Mohaidat J, Dhaheri HA, Yang G, Rashedi AA, Greer K (2016) An Analytic Hierarchy Process for School Quality and Inspection

- Model Development and Application. *International Journal of Educational Management* 30(3): 437-459.
- Bakırcı N, Tümerdem N (2002) Pamuk İplik Üretimi ve İşçi Sağlığına Etkileri. *Türk Tabipler Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi Ocak*: 12-23.
- Banker RD (1984) Estimating Most Productive Scale Size Using Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research* 17(1): 35-44.
- Banker RD, Charnes A, Cooper WW (1984) Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science* 30(9): 1078-1092.
- Banker RD, Cooper WW, Seiford LM, Thrall RM, Zhu J (2004) Returns to Scale in Different DEA Models. *European Journal of Operational Research* 154(2): 345-362.
- Barbarosoğlu G, Yazgaç T (1997) An Application of The Analytic Hierarchy Process to The Supplier Selection Problem. *Production and Inventory Management Journal* 38(1): 14-21.
- Baskaran V, Nachiappan S, Rahman S (2012) Indian Textile Suppliers' Sustainability Evaluation Using The Grey Approach. *International Journal of Production Economics* 135(2): 647-658.
- Başlıgil H (2005) The Fuzzy Analytic Hierarchy Process for Software Selection Problems. *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi(Sigma)* 3: 24-33.
- Bayhan M (2011) Hizmet Sektöründe Tedarikçi Seçiminde Bulanık Kalite Fonksiyon Göçerimi Kullanımı Üzerine Bir Uygulama. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Isparta.
- Baykal N, Beyan T (2004) *Bulanık Mantık İlke ve Temeller* (Bıçaklar Kitapevi, Ankara).
- Baynal K, Coşar İ, Ergül Ö (2014) Fuzzy Analytical Hierarchy Process and An Application of Supplier Selection in A Food Company. *CIE44 & IMSS'14 Proceedings*. İstanbul October 14-16: 2210-2226.
- Bayraktar E, Gunasekaran A, Koh SCL, Tatoglu E, Demirbag M, Zaim S (2010) An Efficiency Comparison of Supply Chain Management and Information Systems Practices: A Study of Turkish and Bulgarian Small- and Medium-

- Sized Enterprises in Food Products and Beverages. *International Journal of Production Research* 48(2): 425-451.
- Benayoun R, Roy B, Sussman N (1966) *Manual De Reference Du Programme ELECTRE, Note De Synthèse et Formatoin* (Direction Scientifique SEMA, Paris).
- Bhutta KS, Huq F (2002) Supplier Selection Problem: A Comparison of The Total Cost of Ownership and Analytic Hierarchy Process Approaches. *Supply Chain Management: An International Journal* 7(3): 126-135.
- Bianchini A (2018) 3PL provider Selection by AHP and TOPSIS Methodology. *Benchmarking: An International Journal* 25(1): 235-252.
- Biswas P, Pramanik S, Giri BC (2016) TOPSIS Method for Multi-Attribute Group Decision-Making Under Single-Valued Neutrosophic Environment. *Neural Computing and Applications* 27(3): 727-737.
- Boer LD, Labro E, Morlacchi P (2001) A Review of Methods Supporting Supplier Selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 7(2): 75-89.
- Bottani E, Rizzi A (2005) A Fuzzy Multi-Attribute Framework for Supplier Selection in An E-Procurement Environment. *International Journal of Logistics Research and Applications* 8(3): 249-266.
- Bottani E, Rizzi A (2008) An Adapted Multi-Criteria Approach to Suppliers and Products Selection—An Application Oriented to Lead-Time Reduction. *International Journal of Production Economics* 111(2): 763-781.
- Bowersox DJ, Londe L, Smykay EW (1969) *Readings in Physical Distribution Management: The Logistics of Marketing* (MacMillan, New York).
- Brans JP, Vincke PA (1985) Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management Science* 31(6): 647-656.
- Brauers WKM, Ginevicius R, Podvezko V (2010) Regional Development in Lithuania Considering Multiple Objectives by The MOORA Method. *Technological and Economic Development of Economy* 16(4): 613-640.
- Brauers WKM, Zavadskas EK (2006) The MOORA Method and Its Application to Privatization in A Transition Economy. *Control and Cybernetics* 35(2): 445-469.

- Brauers WKM, Zavadskas EK (2012) Robustness of MULTIMOORA: A Method for Multi-Objective Optimization. *Informatica* 23(1): 1-25.
- Bronja H (2011) Multi-Criteria Approach to Ranking Suppliers in the Supply Chains Concept. *Technical Gazette* 18(3): 393-401.
- Bronja H, Bronja H (2015) Two-Phase Selection Procedure of Aluminized Sheet Supplier by Applying Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methodology. *Technical Gazette* 22(4): 821-828.
- BSTB (T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı) (2014). Türkiye Tekstil, Hazır Giyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Strateji Belgesi ve Eylem Planı-2015-2018. <https://www.sanayi.gov.tr/DokumanGetHandler.ashx?dokumanId=17a4c14f-6cf1-4276-a804-c1c17975cf30> (21 Şubat 2018).
- Buckley JJ (1985) Fuzzy Hierarchical Analysis. *Fuzzy Sets and Systems* 17(3): 233-247.
- Bulut YE, Atakısı A (2015) The Impact of Human Resource Management Practices Over Supply Chain Qualitative Performance. *International Refereed Academic Social Sciences Journal* 18(6): 105-124.
- Butler J, Morrice DJ, Mullarkey PW (2001) A Multiple Attribute Utility Theory Approach to Ranking and Selection. *Management Science* 47(6): 800-816.
- Büyüközkan G, Çifçi G (2012) A Combined Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Based Strategic Analysis of Electronic Service Quality in Healthcare Industry. *Expert Systems with Applications* 39(3): 2341-2354.
- Büyüközkan G, Çifçi G, Güteryüz S (2011) Strategic Analysis of Healthcare Service Quality Using fuzzy AHP Methodology. *Expert Systems with Applications* 38(8): 9407-9424.
- Büyüközkan G, Feyzioğlu O, Nobel E (2008) Selection of The Strategic Alliance Partner in Logistics Value Chain. *International Journal of Production Economics* 113(1): 148-158.
- Candan G, Yazgan HR (2015) Tedarik Zincirinde Hammde Tedarikçisi Seçimi Problemi: Bir Uygulama. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi* 3(3): 43-52.
- Cebeci U (2009) Fuzzy AHP-Based Decision Support System for Selecting ERP Systems in Textile Industry by Using Balanced Scorecard. *Expert Systems with Applications* 36(5): 8900-8909.

- Chamodrakas I, Batis D, Martakos D (2010) Supplier Selection in Electronic Market Places Using Satisficing and Fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications* 37(1): 490-498.
- Chan FTS, Chan HK (2010) An AHP Model for Selection of Suppliers in The Fast Changing Fashion Market. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 51(9-12): 1195-1207.
- Chan FTS, Kumar N (2007) Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-Based Approach. *Omega* 35(4): 417-431.
- Chang DY (1992) Extent Analysis and Synthetic Decision. *Optimization Techniques and Applications* 1: 352-355.
- Chang DY (1996) Applications of The Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research* 95(3): 649-655.
- Chang PT, Lee JH (2012) A Fuzzy DEA and Knapsack Formulation Integrated Model for Project Selection. *Computers & Operations Research* 39(1): 112-125.
- Charles V, Kumar M (2012) *Data Envelopment Analysis and Its Application to Management* (Cambridge Scholars Publishing, Newcastle Upon Tyne).
- Charnes A, Cooper WW (1962) Programming with Linear Fractional Functionals. *Naval Research Logistics* 9(3-4): 181-186.
- Charnes A, Cooper WW, Rhodes E (1978) Measuring The Efficiency Of Decision Making Units. *European Journal of Operation Research* 2(6): 429-444.
- Chen CT, Lin CT, Huang SF (2006) A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management. *Internatinal Journal of Production Economics* 102(2): 289-301.
- Chen JF, Hsieh HN, Do QH (2015) Evaluating Teaching Performance Based on Fuzzy AHP and Comprehensive Evaluation Approach. *Applied Soft Computing* 28: 100-108.
- Chen YH, Wang TC, Wu CY (2011) Multi-Criteria Decision Making with Fuzzy Linguistic Preference Relations. *Applied Mathematical Modelling* 35(3): 1322-1330.
- Chen YJ (2011) Structured Methodology for Supplier Selection and Evaluation in A Supply Chain. *Information Sciences* 181(9): 1651-1670.

- Cheng CH, Yang KL, Hwang CL (1999) Evaluating Attack Helicopters by AHP Based on Linguistic Variable Weight. *European Journal of Operational Research* 116(2): 423-435.
- Cheraghi SH, Dadashzadeh M, Subramanian M (2004) Critical Success Factors For Supplier Selection: An Update. *Journal of Applied Business Research* 20(2): 91-108.
- Chiang YM, Chen WL, Ho CH (2016) Application of Analytic Network Process and Two-Dimensional Matrix Evaluating Decision for Design Strategy. *Computers & Industrial Engineering* 98: 237-245.
- Choudhary D, Shankar R (2012) An STEEP-Fuzzy AHP-TOPSIS Framework for Evaluation and Selection of Thermal Power Plant Location: A Case Study from India. *Energy* 42(1): 510-521.
- Christopher M (2011) *Logistics & Supply Chain Management* (Pearson Education Limited, Essex).
- Civir P (2015) Otomotiv Sektöründe Tedarikçi Seçiminde AHP-Bulanık AHP Karşılaştırması. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.
- Cook WD, Kress M, Seiford LM (1996) Data Envelopment Analysis in the Presence of Both Quantitative and Qualitative Factors. *The Journal of the Operational Research Society* 47(7): 945-953.
- Cook WD, Seiford LM (2009) Data Envelopment Analysis (DEA) – Thirty Years On. *European Journal of Operational Research* 192(1): 1-17.
- Cooper MC, Lambert DM, Pagh JD (1997) Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *The International Journal of Logistics Management* 8(1): 1-14.
- Cooper WW, Deng H, Huang Z, Li SX (2004) Chance Constrained Programming Approaches to Congestion in Stochastic Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research* 155(2): 487-501.
- Cooper WW, Park KS, Yu G (1999) IDEA and AR-IDEA: Models for Dealing with Imprecise Data in DEA. *Management Science* 45(4): 597-607.
- Cooper WW, Seiford LM, Tone K (2007) *Data Envelopment Analysis A Comprehensive Text with Model, Applications, References and DEA-Solver Software* (Springer, Newyork).

- Cooper WW, Seiford LM, Zhu J (2011) Handbook on Data Envelopment Analysis History, Models And Interpretations. *International Series in Operations Research & Management Science* 164: 1-39.
- Croom S, Romano P, Giannakis M (2000) Supply Chain Management: An Analytical Framework for Critical Literature Review. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 6(1): 67-83.
- Croxtan KL, Dastugue SJG, Lambert, DM, Rogers DS (2001) The Supply Chain Management Processes. *The International Journal of Logistics Management* 12(2): 13-36.
- Çağlar A, Öztaş GZ (2016) Veri Zarflama Analizi ve Analitik Hiyerarşi Süreci ile Sigorta Şirketlerinin Finansal Oran Analizi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 6(2): 221-248.
- Çakır E (2016) Kısmi Zamanlı Olarak Çalışacak Öğrencilerin Analitik Hiyerarşi Prosesi Temelli VIKOR Yöntemi İle Belirlenmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi* 12(29): 195-224.
- Çakır S (2015) Bütünleşik Bulanık Shannon Entropi-Bulanık Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Teknoloji Firmalarında Etkinlik Ölçümü. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Trabzon.
- Çebi F, Bayraktar D (2003) An Integrated Approach for Supplier Selection. *Logistics Information Management* 16(6): 395-400.
- Çelebi D, Bayraktar D (2008) An Integrated Neural Network and Data Envelopment Analysis for Supplier Evaluation Under Incomplete Information. *Expert Systems with Applications* 35(4): 1698-1710.
- Çelik C, Alkan A, Aladağ Z (2016) Otomotiv Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Firmada Tedarikçi Seçimi: AHP-Bulanık AHP ve TOPSIS Uygulaması. *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 9(1): 43-83.
- Çetin O, Önder E (2015) Tedarikçi Seçiminde Analitik Ağ Süreci Yönteminin Kullanılması. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 6(10): 335-354.
- Çevik O, Yıldırım Y (2010) Bulanık Doğrusal Programlama ile Süt Ürünleri İşletmesinde Bir Uygulama. *Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi* 12(18): 15-26.

- Dağdeviren M, Eren T (2001) Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 16(2): 41-52.
- Davras GM, Karaatlı M (2014) Otel İşletmelerinde Tedarikçi Seçimi Sürecinde AHP ve BAHP Yöntemlerinin Uygulanması. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 32(1): 87-112.
- Despotis DK, Smirlis YG (2002) Data Envelopment Analysis with Imprecise Data. *European Journal of Operational Research* 140(1): 24-36.
- Dhami I, Deng J, Strager M, Conley J (2016) Suitability-Sensitivity Analysis of Nature-Based Tourism Using Geographic Information Systems and Analytic Hierarchy Process. *Journal of Ecotourism* 15(1): 1-28.
- Dickson GW (1966) An Analysis of Vendor Selection Systems and Decisions. *Journal of Purchasing* 2(1): 5-17.
- Dempsey WA (1978) Vendor Selection and The Buying Process. *Industrial Marketing Management* 7(4): 257-267.
- Do QH, Chen JF (2014) A Hybrid Fuzzy AHP-DEA Approach for Assessing University Performance. *WSEAS TRANSACTIONS on BUSINESS and ECONOMICS* 11: 386-397.
- Doğan NÖ, Ersoy Y (2017a) Etkinlik Ölçümü: Tekstil Sektöründen Bir İşletme Örneği. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 10(1): 35-44.
- Doğan NÖ, Ersoy Y (2017b) Tarım Satış Kooperatifleri Birliklerinde VZA ile Etkinlik Ölçümü: Marmarabirlik Örneği. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi* 52(Özel Sayı): 627-641.
- Doğan NÖ, Gencan S (2013) Seyahat Acentesi Yöneticilerinin Bakış Açısıyla En Uygun Otel Seçimi: Bir Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Uygulaması. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 41: 69-88.
- Dotoli M, Epicoco N, Falagario M, Sciancalepore F (2016) A Stochastic Cross-Efficiency Data Envelopment Analysis Approach for Supplier Selection Under Uncertainty. *International Transactions in Operational Research* 23(4): 725-748.
- Duke JM, Hyde RA (2002) Identifying Public Preferences for Land Preservation Using The Analytic Hierarchy Process. *Ecological Economics* 42(1-2): 131-145.

- Durdudiler M (2006) Perakende Sektöründe Tedarikçi Performans Değerlemede AHP ve Bulanık AHP Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Dursun E (2009) Bulanık AHP Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi ve Tekstil Sektöründe Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Dursun M, Sener Z, Cedolin M (2017) Performance Evaluation of Medical Device Suppliers with Fuzzy DEA Technique. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2017 Vol II*. London, UK July 5-7: 1-4.
- Dyson RG, Allen R, Camanho S, Podinovski VV, Sarrico CS, Shale EA (2001) Pitfalls and Protocols in DEA. *European Journal of Operational Research* 132(2): 245-259.
- Ecer F (2007) Üyelik Fonksiyonu Olarak Üçgen Bulanık Sayılar mı Yamuk Bulanık Sayılar mı?. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 9(2): 161-180.
- Ecer F, Küçük O (2008) Tedarikçi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve Bir Uygulama. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 11(1): 355-369.
- Elmas Ç (2011) *Yapay Zeka ve Uygulamaları* (Seçkin Yayınları, Ankara).
- Emrouznejad A, Tavana M (2014) *Performance Measurement with Fuzzy Data Envelopment Analysis* (Springer, Newyork).
- Enea M, Piazza T (2004) Project Selection by Constrained Fuzzy AHP. *Fuzzy Optimization and Decision Making* 3(1): 39-62.
- Eren T, Özder EH (2016) Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Bir İçecek Firması İçin Tedarikçi Seçimi. *4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*. Alanya/Antalya November 3-5: 80-89.
- Ersoy N (2017) Supplier Selection by Using Fuzzy logic: The Case of Gaziantep. *Journal of Economics Business and Political Researches* 2(3): 11-29.
- Ersoy Y (2014) Rejenere Open-End İplik Üretim Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak.

- Ersoy Y, Şenol MF (2017) Ham Madde Cinsi ve Üretim Parametrelerinin İplik Kalitesine Etkisi: Open-End İplikçiliği Üzerine Bir Uygulama. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 8(1): 96-107.
- Ersoy Y, Zıraplı M (2014) Geri Dönüşüm İplikçiliğın Önemi ve İplik Üretim Yöntemleri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2(2): 425-432.
- Ersöz F Atav A (2011) Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinde MOORA Yöntemi. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliğı 31.Ulusal Kongresi*. Sakarya Temmuz 5-7: 78-87.
- Ertuğrul İ, Işık AT (2008) İşletmelerin VZA İle Mali Tablolarına Dayalı Etkinlik Ölçümü: Metal Ana Sanayiinde Bir Uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 10(1): 201-217.
- Ertuğrul İ, Karakaşoğlu N (2010) Electre ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Bir İşletme İçin Bilgisayar Seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 25(2): 23-41.
- Ertuğrul İ, Özçil A (2014) Çok Kriterli Karar Vermede TOPSIS ve VIKOR Yöntemleriyle Klima Seçimi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 4(1): 267-282.
- Eser B, Çelik P, Çay A, Akgümüş D (2016) Tekstil ve Konfeksiyon Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları. *Tekstil ve Mühendis* 23(101): 44-60.
- Eskandari S (2017) A new approach for Forest Fire Risk Modeling Using Fuzzy AHP and GIS in Hyrcanian Forests of Iran. *Arabian Journal of Geosciences* 10(190): 1-13.
- Fanchon P (2003) Variable Selection for Dynamic Measures Efficiency in the Computer Industry. *International Advanced in Economic Research* 9(3): 175-188.
- Farrell MJ (1957) The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society* 120(3): 253-290.
- Fawcett SE, Magnan GM, McCarter MW (2008) Benefits, Barriers and Bridges to Effective Supply Chain Management. *Supply Chain Management: An International Journal* 13(1): 35-48.

- Fox MS, Barbuceanu M, Teigen R (2000) Agent- Oriented Supply- Chain Management. *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems* 12: 165-188.
- Garfamy RM (2006) A Data Envelopment Analysis Approach Based on Total Cost of Ownership for Supplier Selection. *Journal of Enterprise Information Management* 19(6): 662-678.
- Gencer C, Gürpınar D (2007) Analytic Network Process in Supplier Selection: A Case Study in An Electronic Firm. *Applied Mathematical Modelling* 31(11): 2475-2486.
- Ghodsypour SH, O'Brien C (1998) A Decision Support System for Supplier Selection Using an Integrated Analytic Hierarchy Process and Linear Programming. *International Journal of Production Management* 56-57: 199-212.
- Golany B, Roll Y (1989) An Application Procedure for DEA. *Omega* 17(3): 237-250.
- Govindan K, Rajendran S, Sarkis J, Murugesan P (2015) Multi Criteria Decision Making Approaches for Green Supplier Evaluation and Selection: A Literature Review. *Journal of Cleaner Production* 98(1): 66-83.
- Govindan K, Mangla SK, Luthra S (2017) Prioritising Indicators in Improving Supply Chain Performance Using Fuzzy AHP: Insights from The Case Example of Four Indian Manufacturing Companies. *Production Planning & Control The Management of Operations* 28(6-8): 552-573.
- Görçün ÖF (2013) *Örnek Olay ve Uygulamalarla Tedarik Zinciri Yönetimi* (Beta Yayıncılık, İstanbul).
- Groselj P, Stirn LZ (2017) Soft Consensus Model for The Group Fuzzy AHP Decision Making. *Croatian Operational Research Review* 8(1): 207-220.
- Gumasta K, Gupta SK, Benyoucef L, Tiwari MK (2011) Developing A Reconfigurability Index Using Multi-Attribute Utility Theory. *International Journal of Production Research* 49(6): 1669-1683.
- Guo P, Tanaka H (2001) Fuzzy DEA: A Perceptual Evaluation Method. *Fuzzy Sets and Systems* 119(1): 149-160.
- Güler O, Yücedağ İ (2017) Mesleki Ortaöğretim Öğrencilerinin Alan Seçimi Problemine Bulanık Mantık Temelli Yaklaşım. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* 32(1): 111-122.

- Güleş HK, Çağlıyan V, Şener T (2014) Hazır Giyim Sektöründe Analitik Hiyerarşi Prosesi Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* Dr. Mehmet YILDIZ Özel Sayısı: 159-170.
- Gündüz H, Güler ME (2015) Termal Turizm İşletmelerinde Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri Kullanılarak Uygun Tedarikçinin Seçilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 30(1): 203-222.
- Güner H (2005) Bulanık AHP ve Bir İşletme İçin Tedarikçi Seçim Problemine Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Güneri AF, Ertay T, Yücel A (2011) An Approach Based on ANFIS Input Selection and Modeling for Supplier Selection Problem. *Expert Systems with Applications* 38(12): 14907-14917.
- Güneş M, İncekırık A (2016) Ege Bölgesinde Faaliyet Fösteren KOSGEB Kapsamındaki Farklı Ölçeklerdeki Şirketlerin (KOBİ) Bulanık Kümeleme Analizi ile Gruplandırılması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 22(4): 314-323.
- Güngör A, Coşkun S, Durur G, Gören HG (2010) A Supplier Selection, Evaluation and Re-Evaluation Model for Textile Retail Organizations. *Tekstil ve Konfeksiyon* 3: 181-187.
- Ha SH, Krishnan R (2008) A Hybrid Approach to Supplier Selection for The Maintenance of A Competitive Supply Chain. *Expert Systems with Applications* 34(2): 1303-1311.
- Haq AN, Kannan G (2006) Fuzzy Analytical Hierarchy Process for Evaluating and Selecting A Vendor in A Supply Chain Model. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 29(7): 826-835.
- Hajiagha SHR, Hashemi SS, Momammadi Y, Zavadskas EK (2016) Fuzzy Belief Structure Based VIKOR Method: An Application For Ranking Delay Causes of Tehran Metro System By FMEA Criteria. *Transport* 31(1): 108-118.
- Hashemi SS, Hajiagha SHR, Zavadskas, EK, Mahdiraji HA (2016) Multicriteria Group Decision Making with ELECTRE III Method Based on Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy Information. *Applied Mathematical Modelling* 40(2): 1554-1564.

- Hemmati M, Feiz D, Jalilvand MR, Kholghi I (2016) Development of Fuzzy Two-Stage DEA Model for Competitive Advantage Based on RBV and Strategic Agility as A Dynamic Capability. *Journal of Modelling in Management* 11(1): 288-308.
- Ho W, Ma X (2018) The State-of-The-Art Integrations and Applications of The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 267(2): 399-414.
- Ho W, Xu X, Dey PK (2010) Multi-Criteria Decision Making Approaches for Supplier Evaluation and Selection: A Literature Review. *European Journal of Operational Research* 202(1): 16-24.
- Hou J, Su D (2006) Integration of Web Services Technology with Business Models within The Total Product Design Process for Supplier Selection. *Computers in Industry* 57(8-9): 797-808.
- Huang SM, Keskar H (2007) Comprehensive and Configurable Metrics for Supplier Selection. *International Journal of Production Economics* 105(2): 510-523.
- Humphreys PK, Shiu WK, Chan FTS (2001) Collaborative Buyer-Supplier Relationships in Hong Kong Manufacturing Firms. *Supply Chain Management: An International Journal* 6(4): 152-162.
- Hussey LK, Malczewski (2016) Housing Quality Evaluation Using Analytic Network Process: A Case Study in The Ashanti Region, Ghana. *African Geographical Review* : 1-20.
- Hwang CL, Yoon K (1981) *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-of-the-Art Survey* (Springer, Berlin).
- Ignatius J, Ghasemi MR, Zhang F, Emrouznejad A (2016) Carbon Efficiency Evaluation: An Analytical Framework Using Fuzzy DEA. *European Journal of Operational Research* 253(2): 428-440.
- Jin B, Farr CA (2010) Supplier Selection Criteria and Perceived Benefits and Challenges of Global Sourcing Apparel Firms in the United States. *Family & Consumer Sciences Research Journal* 39(1): 31-44.
- Jonavic B, Delibasic B (2014) Application of Integrated QFD and Fuzzy AHP Approach in Selection of Suppliers. *Management* 19(72): 25-35.

- Joshi D, Kumar S (2016) Interval-Valued Intuitionistic Hesitant Fuzzy Choquet Integral Based TOPSIS Method for Multi-Criteria Group Decision Making. *European Journal of Operational Research* 248(1): 183-191.
- Junior FRL, Osiro L, Carpinetti LCR (2014) A Comparison Between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods to Supplier Selection. *Applied Soft Computing* 21: 194-209.
- Kabak M (2017) Makine İmalat Sektörü İşletmelerinde Ürün Kalitesi Etkinliğinin Bulanık Veri Zarflama Analizi Modelleri ile Karşılaştırmalı Analizi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İzmir.
- Kahraman C (2008) *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making* (Springer, Newyork).
- Kahraman C, Cebeci U, Ruan D (2004) Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey. *International Journal of Production Economics* 87(2): 171-184.
- Kahraman C, Cebeci U, Ulukan Z (2003) Multi-Criteria Supplier Selection Using Fuzzy AHP. *Logistics Information Management* 16(6): 382-394.
- Kahraman C, Onar SC, Oztaysi B (2015) Fuzzy Multicriteria Decision-Making: A Literature Review. *International Journal of Computational Intelligence Systems* 8(4): 637-666.
- Kahya SÖ, Aydın S (2014) Tedarik Zinciri Yönetiminde Bilgi Sistemleri ve Deri Hazır Giyim Sektörüne Bir Yazılım Önerisi. *Tekstil ve Mühendis* 21(96): 27-36.
- Kao C, Liu ST (2000) Fuzzy Efficiency Measures in Data Envelopment Analysis. *Fuzzy Sets and Systems* 113(3): 427-437.
- Kapar K (2013) Bir Üretim İşletmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci İle Tedarikçi Seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 28(1): 197-231.
- Kaplan R (2010) AHP Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi: Perakende Sektöründe Bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Kara İ, Ecer F (2016) AHP-VIKOR Entegre Yöntemi İle Tedarikçi Seçimi: Tekstil Sektörü Uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 18(2): 255-272.

- Kara K, Koleoglu N, Gürol P (2016) Analytic Network Process (ANP) in Supplier Selection: A Case Study in Textile Sector. *International Journal of Business and Social Science* 7(5): 241-257.
- Karaatlı M, Ömürberk N, Aksoy E, Karakuzu H (2014) Turizm İşletmeleri İçin AHP Temelli Bulanık TOPSIS Yönetimi ile Tur Operatörü Seçimi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 14(2): 53-70.
- Karaca T (2011) Proje Yönetiminde Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerini Kullanarak Kritik Yolun Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Karakaşoğlu N (2008) Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Denizli.
- Kasapoğlu ÖA, Şimşek UT (2006) Pnömatik Valf Tedarikçisi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi. *YÖNETİM: İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi* 17(53): 40-51.
- Kazançoğlu Y (2008) Lojistik Yönetimi Sürecinde Tedarikçi Seçimi ve Performans Değerlendirmesinin Yöneylem Araştırması Teknikleri İle Gerçekleştirilmesi : AHP (Analitik Hiyerarşik Süreç) ve DEA (Veri Zarflama Analizi). Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İzmir.
- Kazançoğlu Y, Ada E (2010) Perakende Sektöründe Tedarikçi Seçiminin Bulanık AHP İle Gerçekleştirilmesi. *Savunma Bilimleri Dergisi* 9(1): 29-52.
- Kıyak E, Kahvecioğlu A (2003) Bulanık Mantık ve Uçak Kontrol Problemine Uygulanması. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi* 1(2): 63-72.
- Kızgın Y (2009) Tüketicilerin Kredi Kartı Marka Tercih Nedenlerinin Kümeleme Analizi İle İncelenmesi: Muğla Örneği. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 7(2): 93-110.
- Kilinci O, Onal SA (2011) Fuzzy AHP Approach for Supplier Selection in A Washing Machine Company. *Expert Systems with Applications* 38(8): 9656-9664.

- Kokangül A, Susuz Z (2009) Integrated Analytical Hierarch Process and Mathematical Programming to Supplier Selection Problem with Quantity Discount. *Applied Mathematical Modelling* 33(3): 1417-1429.
- Koul S, Verma R (2011) Dynamic Vendor Selection Based on Fuzzy AHP. *Journal of Manufacturing Technology Management* 22(8): 963-971.
- Köse E, Aplak HS, Kabak M (2013) Personel Seçimi için Gri Sistem Teori Tabanlı Bütünleşik Bir Yaklaşım. *Ege Akademik Bakış Dergisi* 13(4): 461-471.
- Köprülü A, Albayrakoğlu MM (2007) Supply Chain Management in The Textile Industry: A Supplier Selection Model with The Analytic Hierarchy Process. *International Symposium on the Analytic Hierarchy Process 2007(ISAHP 2007)*, Viña Del Mar, Chile, August 3-6: 1-10.
- Kulak O, Kahraman C (2005) Fuzzy Multi-Attribute Selection Among Transportation Companies Using Axiomatic Design and Analytic Hierarchy Process. *Information Sciences* 170(2-4): 191-210.
- Kull TJ, Talluri S (2008) A Supply Risk Reduction Model Using Integrated Multicriteria Decision Making. *IEEE Transactions on Engineering Management* 55(3): 409-419.
- Kumar A, Jain V, Kumar S (2014) A Comprehensive Environment Friendly Approach for Supplier Selection. *Omega* 42(1): 109-123.
- Kumar A, Shankar R, Debnath RM (2015) Analyzing Customer Preference and Measuring Relative Efficiency in Telecom Sector: A Hybrid Fuzzy AHP/DEA Study. *Telematics and Informatics* 32(3): 447-462.
- Kumar D, Rahman Z, Chan FTS (2017) A Fuzzy AHP and Fuzzy Multi-Objective Linear Programming Model for Order Allocation in A Sustainable Supply Chain: A Case Study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 30(6): 535-551.
- Kumar D, Singh J, Singh OP, Darshan S (2013) A Fuzzy Logic Based Decision Support System for Evaluation of Suppliers in Supply Chain Management Practices. *Mathematical and Computer Modelling* 57(11-12): 2945-2960.
- Kuo RJ, Lee LY, Hu TL (2010) Developing A Supplier Selection System Through Integrating Fuzzy AHP and Fuzzy DEA: A Case Study on An Auto Lighting System Company in Taiwan. *Production Planning & Control* 21(5): 468-484.

- Kuo RJ, Wang YC, Tien FC (2010) Integration of Artificial Neural Network and MADA Methods for Green Supplier Selection. *Journal of Cleaner Production* 18(12): 1161-1170.
- Lee AHI (2009) A fuzzy Supplier Selection Model with The Consideration of Benefits, Opportunities, Costs and Risks. *Expert Systems with Applications* 32(2): 2879-2893.
- Lee AHI, Kang HY, Hsu CF, Hung HC (2009) A Green Supplier Selection Model for High-Tech Industry. *Expert Systems with Applications* 36(4): 7917-7927.
- Lee KS, Mogi G, Hui KS (2013) A Fuzzy Analytic Hierarchy Process (AHP)/ Data Envelopment Analysis (DEA) Hybrid Model for Efficiently Allocating Energy R&D Resources: In The Case of Energy Technologies Against High Oil Prices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 21: 347-355.
- Leon T, Liern V, Ruiz JL, Sirvent I (2003) A Fuzzy Mathematical Programming Approach to the Assessment of Efficiency with DEA Models. *Fuzzy Sets and Systems* 139(2): 407-419.
- Lertworasirikul S, Fang SC, Joines JA, Nuttle HLW (2003a) Fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA): A Possibility Approach. *Fuzzy Sets and Systems* 139(2): 379-394.
- Lertworasirikul S, Fang SC, Joines JA, Nuttle HLW (2003b) Fuzzy BCC Model for Data Envelopment Analysis. *Fuzzy Optimization and Decision Making* 2(4): 337-358.
- Li S, Nathan BR, Nathan TSR, Rao SS (2006) The Impact of Supply Chain Management Practices on Competitive Advantage and Organizational Performance. *Omega* 34(2): 107-124.
- Lin Y, Liu S (1999) Several Programming Models with Unascertained Parameters and Their Applications. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 8(4): 206-220.
- Liu FHF, Hai HL (2005) The Voting Analytic Hierarchy Process Method for Selecting Supplier. *International Journal of Production Economics* 97(3): 308-317.
- Liu J, Ding Y, Lall V (2000) Using Data Envelopment Analysis to Compare Suppliers for Supplier Selection and Performance Improvement. *Supply Chain Management: An International Journal* 5(3): 143-150.

- Liu S, Forrest J, Yang Y (2012) A Brief Introduction to Grey System Theory. *Grey Systems: Theory and Application* 2(2): 89-104.
- Liu S, Yang Y, Xie N, Forrest J (2016) New Progress of Grey System Theory in The New Millennium. *Grey Systems: Theory and Application* 6(1): 2-31.
- Liu W, Liao H (2017) A Bibliometric Analysis of Fuzzy Decision Research During 1970–2015. *International Journal of Fuzzy Systems* 19(1): 1-14.
- Lourenzutti R, Krohling RA (2016) A Generalized TOPSIS Method for Group Decision Making with Heterogeneous Information in A Dynamic Environment. *Information Sciences* 330: 1-18.
- Loron AS, Loron MS, Peyvandi G (2015) An Integrated Fuzzy Analytic Hierarchy Process-Fuzzy Data Envelopment Analysis (FAHP-FDEA) Method for Intelligent Building Assessment. *Technical Gazette* 22(2): 383-389.
- Lummus RR, Vokurka RJ (1999) Defining Supply Chain Management: A Historical Perspective and Practical Guidelines. *Industrial Management & Data Systems* 99(11): 11-17.
- Luthra S, Govindan K, Kannan D, Mangla SK, Garg CP (2017) An Integrated Framework for Sustainable Supplier Selection and Evaluation in Supply Chains. *Journal of Cleaner Production* 140(Part 3): 1686-1698.
- Mafakheri F, Breton M, Ghoniem A (2011) Supplier Selection-Order Allocation: A Two-Stage Multiple Criteria Dynamic Programming Approach. *International Journal of Production Economics* 132(1): 52-57.
- Mahdiloo M, Noorizadeh A, Saen RF (2011) A New Approach for Considering A Dual-Role Factor in Supplier Selection Problem. *International Journal of Academic Research* 3(1): 261-266.
- Marbini AD, Agrell PJ, Tavana M, Khoshnevis P (2017) A Flexible Cross-Efficiency Fuzzy Data Envelopment Analysis Model for Sustainable Sourcing. *Journal of Cleaner Production* 142(4): 2761-2779.
- Marbini AD, Emrouznejad A, Tavana M (2011) A Taxonomy and Review of The Fuzzy Data Envelopment Analysis Literature: Two Decades in The Making. *European Journal of Operational Research* 214(3): 452-472.
- Marbini AD, Tavana M, Saati S, Agrell PJ (2013) Positive and Normative Use of Fuzzy DEA-BCC Models: A Critical View on NATO Enlargement. *International Transactions in Operational Research* 20(3): 411-433.

- Mardani A, Jusoh A, Zavadskas EK (2015) Fuzzy Multiple Criteria Decision-Making Techniques and Applications – Two Decades Review from 1994 to 2014. *International Expert Systems with Applications* 42(8): 4126-4148.
- Mezarcıöz S, Oğulata RT (2014) 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu - Tekstil İşletmelerinde İSG (İş Sağlığı ve Güvenliği) Sorunları. *Mühendis ve Makine* 55(655): 72-79.
- Mendoza A Santiago E, Ravindran AR (2008) A Three-Phase Multicriteria Method to The Supplier Selection Problem. *International Journal of Industrial Engineering* 15(2): 195-210.
- Milentijevic G, Nedeljkovic B, Lekic M, Nikic Z, Ristic I, Djokic J (2016) Application of a Method for Intelligent Multi-Criteria Analysis of the Environmental Impact of Tailing Ponds in Northern Kosovo and Metohija. *Energies* 9(11): 1-18.
- Mokhtari M, Javanshir H, Dolatabati MK, Tashakori L, Madanchi F (2013) Supplier Selection in Textile Industry Using Fuzzy MADM. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 6(3): 400-411.
- Muralihadran C, Anantharaman N, Deshmukh SG (2002) A Multi-Criteria Group Decisionmaking Model for Supplier Rating. *Journal of Supply Chain Management* 38(4): 22-33.
- Narasimhan R, Talluri S, Mendez D (2001) Supplier Evaluation and Rationalization via Data Envelopment Analysis: An Empirical Examination. *The Journal of Supply Chain Management* 37(2): 28-37.
- Naslund D, Williamson S (2010) What is Management in Supply Chain Management? - A Critical Review of Definitions, Frameworks and Terminology. *Journal of Management Policy and Practice* 11(4): 11-28.
- Nevşehirli EE (2007) Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçi Değerlendirmesi ve Ayakkabi Sektöründe Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Nuray R, Can F (2006) Automatic Ranking of Information Retrieval Systems Using Data Fusion. *Information Processing and Management* 42(3): 595-614.

- Ofluoğlu P, Miran B (2014) Bulanık Mantık Yöntemiyle En İyi Tedarikçi Seçimi Sorunu: Türkiye'deki Hazır Giyim Firmalarına Yönelik Bir Uygulama Çalışması. *Tekstil ve Mühendis* 21(96): 1-9.
- Oğuz NS, Dayık M (2014) Pamuk İpliğinde Mukavemeti Etkileyen Faktörlerin Bulanık Mantık Yöntemiyle Tespit Edilmesi. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* 8(2): 12-18.
- OKA (Orta Karadeniz Kalkınma Ajansı) (2014). Tekstil ve Hazır Giyim Sektör Raporu.<http://www.oka.org.tr/documents/tekstil%20ve%20hazir%20giyim%20sektor%20raporu.pdf> (20 Şubat 2018).
- Okutmuş E, Ergül A (2013) Konaklama İşletmelerinin Yiyecek İçecek Faaliyetlerinde Tedarik Zinciri Maaliyetlerinin Hedef Maliyetleme ile Birlikte Uygulanması. *Journal of Yasar University* 8(32): 5409-5432.
- Oral C (2016) Analytical Hierarchy Process as a Tool for Investment Appraisal. *International Journal of Economics and Finance* 8(4): 306-311.
- Ordoobadi SM (2009) Development of A Supplier Selection Model Using Fuzzy Logic. *Supply Chain Management: An International Journal* 14(4): 314-327.
- Oruç KO (2008) Veri Zarflama Analizi İle Bulanık ortamda Etkinlik Ölçümleri ve Üniversitelerde Bir Uygulama. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Isparta.
- Oruç KO, Güngör İ (2010) Bulanık Veri Zarflama Analizi Modellerinin karşılaştırılması: Sınırlandırılmış Veriler İçin. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 15(2): 417-442.
- Öksüzkaya M (2017) Bulanık Veri Zarflama Yöntemi İle Türk Bankacılık Sektöründe Verimlilik Analizi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Ankara.
- Önay O, Çetin E (2012) Turistik Yerlerin Popülaritesinin Belirlenmesi: İstanbul Örneği. *YÖNETİM: İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi* 23(72): 90-109.
- Öz B, Taban S, Kar M (2009) Kümeleme Analizi ile Türkiye ve AB Ülkelerinin Beşeri Sermaye Göstergeleri Açısından Karşılaştırılması. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 10(1): 1-30.
- Özdemir Aİ (2004) Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 23: 87-96.

- Özdemir H, Gürcan HA (2013) Bir Ştrayhgarn Harmanında Farklı Kompenentlerin, Boyarmaddenin ve Taraklama Yoğunluğunun Halı İpliklerinin Fiziksel Özelliklerine Etkisi. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi* 7(1): 18-32.
- Özden ÜH (2008) Veri zarflama Analizi (VZA) ile Türkiye'deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi* 37(2): 167-185.
- Özfirat PM, Taşoğlu GT, Memiş GT (2014) A Fuzzy Analytic Hierarchy Process Methodology for The Supplier Selection Problem. *Journal of Enterprise Information Management* 27(3): 292-301.
- Özkan O, Bayın G, Yeşilaydın G (2015) Sağlık Sektöründe Yalın Tedarik Zinciri Yönetimi. *Online Academic Journal of Information Technology* 6(18): 71-94.
- Özkök BA, Tiryaki F (2011) A Compensatory Fuzzy Approach to Multi-Objective Linear Supplier Selection Problem with Multiple-Item. *Expert Systems with Applications* 38(9): 11363-11368.
- Öztürk A, Erdoğmuş Ş, Arıkan VS (2011) Analitik Hiyerarsi Süreci (AHS) Kullanılarak Tedarikçilerin Değerlendirilmesi: Bir Tekstil Firmasında Uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 26(1): 93-112.
- Öztürk A, Ertuğrul İ, Karakaşoğlu N (2008) Nakliye Firması Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 15(2): 785-824.
- Öztürk B (2011) Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden Bulanık TOPSIS ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Bursa.
- Öztürk BA, Başkaya Z (2012) Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile Bir Ekmek Fabrikasında Un Tedarikçisinin Seçimi. *Business and Economics Research Journal* 3(1): 131-159.
- Özyiğit T, Serarslan MN, Karsak EE (2008) Türkiye'de Elektrik Üretimi için Enerji Kaynaklarının Etkinliğinin Değerlendirilmesi. *İTÜ Mühendislik Dergisi* 7(5): 55-66.
- Özyörük B, Özcan EC (2008) Analitik Hiyerarşi Sürecinin Tedarikçi Seçiminde Uygulanması: Otomotiv Sektöründen Bir Örnek. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 13(1): 133-144.

- Paksoy T, Güleş HK (2006) Analytic Hierarchy Process for Supplier Selection Problem in Supply Chain Management: Case Study of A Textile Manufacturer Firm. *Sigma, Journal of Engineering and Natural Sciences* 4: 100-109.
- Pang J, Zhang G, Chen G (2011) ELECTRE I Decision Model of Reliability Design Scheme for Computer Numerical Control Machine. *Journal of Software* 6(5): 894-900.
- Patil AN (2014) Modern Evulation in Supplier Selection Criteria and Methods. *International Journal of Management Research & Review* 4(5): 616-623.
- Perçin S (2006) An Application of The Integrated AHP-PGP Model in Supplier Selection. *Measuring Business Excellence* 10(4): 34-49.
- Petrini MA, Rocha JV, Brown JC, Bispo RC (2016) Using an Analytic Hierarchy Process Approach to Prioritize Public Policies Addressing Family Farming in Brazil. *Land Use Policy* 51: 85-94.
- Pohekar SD, Ramachandran M (2004) Application of Multi-Criteria Decision Making To Sustainable Energy Planning—A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 8(4): 365-381.
- Radfar R, Salahi F (2014) Evaluation and Ranking of Suppliers with Fuzzy DEA and PROMETHEE Approach. *International Journal of Industrial Mathematics* 6(3): 189-197.
- Ramanathan R (2007) Supplier Selection Problem: Integrating DEA with The Approaches of Total Cost of Ownership and AHP. *Supply Chain Management: An International Journal* 12(4): 258-261.
- Ramanathan R, Ganesh LS (1994) Group Preference Aggregation Methods Employed in AHP: An Evaluation and An Intrinsic Process for Deriving Members' Weightages. *European Journal of Operational Research* 79(2): 249-265.
- Raut RD (2011) Environmental Performance: A Hybrid Method for Supplier Selection using AHP-DEA. *International Journal of Business Insights & Transformation* 5(1): 16-29.
- Ren RJ, Ren X (2018) Sustainability Ranking of Energy Storage Technologies Under Uncertainties. *Journal of Cleaner Production* 170(1): 1387-1398.

- Romeijn H, Faggian R, Diogo V, Sposito V (2016) Evaluation of Deterministic and Complex Analytical Hierarchy Process Methods for Agricultural Land Suitability Analysis in a Changing Climate. *International Journal of Geo-Information* 5(6): 1-16.
- Ross A, Buffa FP, Dröge C, Carrington D (2006) Supplier Evaluation in A Dyadic Relationship: An Action Research Approach. *Journal of Business Logistics* 27(2): 75-101.
- Rouyendegh BD, Erkan TE (2012) Selecting The Best Supplier Using Analytic Hierarchy Process (AHP) Method. *African Journal of Business Management* 6(4): 1455-1462.
- Saati S, Memariani A (2005) Reducing Weight Flexibility in Fuzzy DEA. *Applied Mathematics and Computation* 161(2): 611-622.
- Saati S, Memariani A (2009) SBM Model with Fuzzy Input-Output Levels in DEA. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 3(2): 352-357.
- Saati S, Memariani A, Jahanshahloo GR (2002) Efficiency Analysis and Ranking of DMUs with Fuzzy Data. *Fuzzy Optimization and Decision Making* 1(3): 255-267.
- Saaty TL (1980) *The Analytic Hierarchy Process* (McGraw-Hill, Newyork).
- Saaty TL (1990) How to Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research* 48: 9-26.
- Saaty TL (1994) How to Make A Decision: The Analytic Hierarchy Process. *INTERFACES* 24(6): 19-43.
- Saaty TL (2008) Decision Making with The Analytic Hierarchy Process. *International Services Sciences* 1(1): 83-98.
- Saen RF (2006) A Decision Model for Selecting Technology Suppliers in The Presence of Nondiscretionary Factors. *Applied Mathematics and Computation* 181(2): 1609-1615.
- Saen RF (2010) Restricting Weights in Supplier Selection Decisions in The Presence of Dual-Role Factors. *Applied Mathematical Modelling* 34(10): 2820-2830.
- Salam MA (2011) Innovative Methods for Supplier Evaluation and Selection. *GSTF Journal of Business Review* 1(2): 106-113.
- Santis RBD, Golliat R, Aguiar EPD (2017) Multi-Criteria Supplier Selection Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process: Case Study From a Brazilian Railway

- Operator. *Brazilian Journal of Operations & Production Management* 14(3): 428-437.
- Sarıççek İ, Dağdeviren M, Yüzügüllü N (2001) Bir İşletmede Tedarikçi Seçimine Yönelik Bir Model ve Uygulaması. *Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 14(1): 32-49.
- Sengupta JK (1992) A fuzzy Systems Approach in Data Envelopment Analysis. *Computers & Mathematics with Applications* 24(8-9): 259-266.
- Sevklı M, Koh SCL, Zaim S, Demirbag M, Tatoglu E (2007) An Application of Data Envelopment Analytic Hierarchy Process for Supplier Selection: A Case Study of BEKO in Turkey. *International Journal of Production Research* 45(9): 1973-2003.
- Seydel J (2005) Supporting the Paradigm Shift in Vendor Selection: Multi criteria Methods for Sole-Sourcing. *Managerial Finance* 31(3): 49-66.
- Shafiee M (2015) A Fuzzy Analytic Network Process Model to Mitigate The Risks Associated with Offshore Wind Farms. *Expert Systems with Applications* 42(4): 2143-2152.
- Shaw K, Shankar R, Yadav SS, Thakur LS (2012) Supplier Selection Using Fuzzy AHP and Fuzzy Multi-Objective Linear Programming for Developing Low Carbon Supply Chain. *Expert Systems with Applications* 39(9): 8182-8192.
- Shiraz SE (2014) Tedarikçi Kriterlerinin ve Tedarikçinin Seçiminde Bütünleşik Bulanık TOPSIS-Bulanık VZA Yaklaşımı. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Shukla MK (2016) Supplier Evaluation and Selection Criteria in Business Performance of Small and Medium Scale Enterprise. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* 3(6): 70-76.
- Simic D, Kovacevic I, Sivircevic V, Simic S (2017) 50 Years of Fuzzy Set Theory and Models for Supplier Assessment and Selection: A Literature Review. *Journal of Applied Logic* 24(Part A): 85-96.
- Stevic Z, Tanackov I, Vasilevic M, Novarlic B, Stojic G (2016) An Integrated Fuzzy AHP and TOPSIS Model for Supplier Evaluation. *Serbian Journal of Management* 11(1): 15-27.

- Stock JR, Boyer SL (2009) Developing a Consensus Definition of Supply Chain Management: a Qualitative Study. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 39(8): 690-711.
- Stojanov T, Ding X (2015) Supplier Selection for Mixed-Model Production: A Case Study from the Apparel Industry. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 23(1): 8-12.
- Su J, Dyer CL, Gargeya VB (2009) Strategic Sourcing and Supplier Selection in the U.S. Textile– Apparel–Retail Supply Network. *Clothing & Textile Research Journal* 27(2): 83-97.
- Sukati I, Abdulhamid AB, Baharun R, Tat HH, Said F (2011) A Study of Supply Chain Management Practices: An Empirical Investigation on Consumer Goods Industry in Malaysia. *International Journal of Business and Social Science* 2(17): 166-176.
- Sultana I, Ahmed I, Azeem A (2015) An Integrated Approach for Multiple Criteria Supplier Selection Combining Fuzzy Delphi, Fuzzy AHP & Fuzzy TOPSIS. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 29: 1273-1287.
- Supçiller AA, Çapraz O (2011) AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. *Ekonometri ve İstatistik* 13(12. Uluslararası Ekonometri, Yöneyem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı): 1-22.
- Sydani AZ, Karbasi A, Yekta EA (2011) Evaluating and Selecting Supplier in Textile Industry Using Hierarchical Fuzzy TOPSIS. *Indian Journal of Science and Technology* 4(10): 1322-1334.
- Şafak İ (2009) Ege Bölgesi Orman İşletmelerinin Etkinlik Düzeylerinin Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Manisa.
- Şen CG, Şen S, Başlıgil H (2010) Pre-Selection of Suppliers Through an Integrated Fuzzy Analytic Hierarchy Process and Max-Min Methodology. *International Journal of Production Research* 48(6): 1603-1625.
- Şengül U, Eren M, Shiraz SE (2012) Bulanık AHP ile Belediyelerin Toplu Taşıma Araç Seçimi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 40: 143-165.

- Tahriri F, Osman MR, Ali A, Yusuff RM, Esfandiary A (2008) AHP Approach for Supplier Evaluation and Selection in A Steel Manufacturing Company. *Journal of Industrial Engineering and Management* 1(2): 54-76.
- Talluri S, Narasimhan R (2004) A Methodology for Strategic Sourcing. *European Journal of Operational Research* 154(1): 236-250.
- Tan KC (2001) A Framework of Supply Chain Management Literature. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 7(1): 39-48.
- Tan KC, Kannan VR, Handfield RB (1998) Supply Chain Management: Supplier Performance and Firm Performance. *International Journal of Purchasing and Materials Management* Summer 34(3): 1-9.
- Tam MCY, Tummala VMR (2001) An Application of The AHP in Vendor Selection of A Telecommunications System. *Omega* 29(2): 171-182.
- Tavakoli MM, Molavi B, Shirouyehzad H (2017) Organizational Performance Evaluation Considering Human Capital Management Approach by Fuzzy-DEA: A Case Study. *International Journal of Research in Industrial Engineering* 6(1): 1-16.
- Tavana M, Mavi RK, Arteaga FJS, Doust ER (2016) An Extended VIKOR Method Using Stochastic Data and Subjective Judgments. *Computers & Industrial Engineering* 97: 240-247.
- Tavana M, Zoreinejad M, Caprio DD, Kaviani MA (2016) An Integrated Intuitionistic Fuzzy AHP and SWOT Method for Outsourcing Reverse Logistics. *Applied Soft Computing* 40: 544-557.
- Tayyar N (2012) Pet şişe Tedarikçisi Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yaklaşımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 17(3): 351-371.
- Tayyar N, Akçanlı F, Genç E, Erem I (2014) BİST'e Kayıtlı Bilişim ve Teknoloji Alanında Faaliyet Gösteren İşletmelerin Finansal Performanslarının Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Gri İlişkisel Analiz (GİA) Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Muhasebe Finansman Dergisi* 61: 19-40.
- Tayyar N, Arslan P (2013) Hazır Giyim Sektöründe En İyi Fason İşletme Seçimi için AHP ve VIKOR Yöntemlerinin Kullanılması. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 11(1): 340-358.

- Teng SG, Jaramillo H (2005) A Model for Evaluation and Selection of Suppliers in Global Textile and Apparel Supply Chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 35(7): 503-523.
- TETSİAD (Türkiye Ev Tekstili Sanayicileri ve İşadamları Derneği) (2014-2016). Ev Tekstili Sektörü Dış Ticaret Raporu. <http://www.tetsiad.org/tr/sektorel-bilgi-ve-raporlar.html> (22 Şubat 2018).
- Tezsürücü D (2013) Tedarikçilerin Performans Etkinliğinin Ölçümünde Veri Zarflama Analizinden Yararlanma ve Bir Sanayi Uygulması. Doktora Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Manisa.
- Tezsürücü D, Sofyalıoğlu Ç (2015) AHS –VZA Yöntemi ile Tedarikçilerin Performans Değerlendirmesi: Beyaz Eşya Sektöründe Bir Uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 33: 113-128.
- Timmerman E (1986) An Approach to Vendor Performance Evaluation. *Journal of Purchasing and Materials Management* 22(4): 2-8.
- Ting SC, Cho DI (2008) An Integrated Approach for Supplier Selection and Purchasing Decisions. *Supply Chain Management: An International Journal* 13(2): 116-127.
- Tiryaki AE, Kazan R (2007) Bulaşık Makinesinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi. *Mühendis ve Makine* 48(565): 3-8.
- Toloo M, Nalchigar S (2011) A New DEA Method for Supplier Selection in Presence of Both Cardinal and Ordinal Data. *Expert Systems with Applications* 38(12): 14726-14731.
- Tummala VMR, Cherly LM, Johnson P, Johnson M (2006) Assessing Supply Chain Management Success Factors: A Case Study. *Supply Chain Management: An International Journal* 11(2): 179-192.
- Turgut EÇ (2015) Tedarik Zinciri Yönetiminde AHP ve Bulanık AHP Yöntemini Kullanarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi, Yeni Yöntem Önerileri ve Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İzmir.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) (2010-2017). Dış Ticaret İstatistikleri. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1046 (23 Şubat 2018).

- Türkoğlu M (2016) Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi İle Tedarikçi Seçimi ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Bartın.
- Trajkovic S, Avakumovic D, Opricovic S (1997) Multicriteria Optimization of An Irrigation System. *Architecture and Civil Engineering* 1(4): 547-552.
- UİS (Ulusal İstihdam Stratejisi) (2017). Tekstil ve Hazır Giyim Sektörü, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Ulusal İstihdam Stratejisi 5. İzleme ve Değerlendirme Kurulu Toplantısı Raporu. <http://www.uis.gov.tr/media/1490/tekstil.pdf> (01 Mart 2018).
- Urfalıoğlu F, Genç T (2013) Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Türkiye'nin Ekonomik Performansının Avrupa Birliği Üye Ülkeleri ile Karşılaştırılması. *Marmara Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 35(2): 329-360.
- UTSO (Uşak Ticaret ve Sanayi Odası) (2016). Tekstil Üretim ve Kullanım Atıklarının, Geri Kazanımı, Çevresel ve Ekonomik Etkileri, UTSO Raporu. http://usaktso.org/dosya/Kurumsal/Trk_Teks_Ger_Don.pdf (18 Şubat 2018).
- Uzun S, Kazan H (2016) Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP TOPSIS ve PROMETHEE Karşılaştırılması: Gemi İnşada Ana Makine Seçimi Uygulaması. *Journal of Transportation and Logistics* 1(1): 99-113.
- Ünal C, Güner MG (2009) Selection of ERP Suppliers Using AHP Tools in The Clothing Industry. *International Journal of Clothing Science and Technology* 21(4): 239-251.
- Van Laarhoven PJM, Pedrcyz W (1983) A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory. *Fuzzy Sets and Systems* 11(1-3): 229-241.
- Vatansever K (2013) Kamu Hastanelerinde Mal Alım Kararlarının Bulanık AHP Yöntemiyle Değerlendirilmesi ve Gediz Devlet Hastanesi Uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 18(3): 225-244.
- Vatansever K, Uluköy M (2013) Kurumsal Kaynak Planlaması Sistemlerinin Bulanık AHP ve Bulanık MOORA Yöntemleriyle Seçimi: Üretim Sektöründe Bir Uygulama. *Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 11(2): 274-293.

- Vokurka RJ, Choobineh J, Vadi L (1996) A Prototype Expert System for The Evaluation and Election of Potential Suppliers. *International Journal of Operations & Production Management* 16(12): 106-127.
- Voncina B (2014) Recycling of Textile Materials. *7th International Seminar on Sustainable Technology Development: Sustainable Clothing: Production and Consumption*. Barcelona-Spain July 24: 1-37.
- Vrijhoef R, Koskela L (2000) The Four Roles of Supply Chain Management in Construction. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 6(3-4): 169-178.
- Yacan İ (2016) Eğitimi Kalitesinin Belirlenmesinde Etkili Olan Faktörlerin Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemi İle Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Denizli.
- Yakupoglu T, Özdemir N, Ekberli İ (2008) Toprak Erozyonu Çalışmalarında Bulanık Mantık Uygulamaları. *On Dokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 23(2): 121-130.
- Yalçın PS (2014) Talep Yönetimi, Dağıtım Yönetimi ve Tedarik Tabanı Yönetimi Uygulamalarının Tedarik Zinciri Performansı Üzerine Etkileri. *Üretim Ekonomisi Kongresi*. İstanbul Mart 21-24: 1-12.
- Yang CC, Chen BS (2006) Supplier Selection Using Combined Analytical Hierarchy Process and Grey Relational Analysis. *Journal of Manufacturing Technology Management* 17(7): 926-941.
- Yaralıoğlu K (2010) *Karar Verme Yöntemleri* (Detay Yayıncılık, Ankara).
- Yavuz O (2013) ELECTRE I Karar Modeli ile Tedarikçi Seçim Süreci ve Perakende Sektöründe Bir Uygulama. *İşletme Araştırmaları Dergisi* 5(4): 210-226.
- Yavuz S, İşçi Ö (2013) Veri Zarflama Analizi ile Türkiye'de Gıda İmalatı Yapan Firmaların Etkinliklerinin Ölçülmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 36: 157-173.
- Yayla AY, Yıldız A, Özbek A (2012) Fuzzy TOPSIS Method in Supplier Selection and Application in the Garment Industry. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* 20(4): 20-23.

- Yeşilaydın G, Alptekin N (2016) Bulanık Veri Zarflama Analizi İle OECD Ülkelerinin Sağlık Alanındaki Etkinliklerinin Değerlendirilmesi. *Sosyo Ekonomi* 24(30): 207-224.
- Yıldırım BF, Önder E (2015) *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri* (Dora Yayınevi, Bursa).
- Yıldız A (2013) Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Tedarikçi Seçimi ve Ekonomik Sipariş Miktarının Tespiti: Otomotiv Sektöründe Bir Uygulama. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yılmaz M, Arslan E (2005) Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanımı. *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*. İstanbul Kasım 23-25: 512-522.
- Yılmaz S (2007) Türkiye'de Battaniye Sektörünün Durumu ve Battaniye Üretim Teknolojisi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 14: 113-118.
- Yılmaz O, Gülsün B, Güneri AF, Özgürler Ş (2011) Supplier Selection of a Textile Company with ANP. *15th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2011, Prague, Czech Republic, September 12-18: 257-260.*
- You X, Chen T, Yang Q (2016) Approach to Multi-Criteria Group Decision-Making Problems Based on the Best-Worst-Method and ELECTRE Method. *Symmetry* 8(95): 1-16.
- Yücel M, Ulutaş A (2009) Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Electre Yöntemiyle Malatya'da Bir Kargo Firması İçin Yer Seçimi. *Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Sosyal Araştırmalar Dergisi* 17: 327-344.
- Yücenur GN, Vayvay Ö, Demirel NÇ (2011) Supplier Selection Problem in Global Supply Chains by AHP and ANP Approaches Under Fuzzy Environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 56(5): 823-833.
- Yükçü S, Atağan G (2009) Ekinlik, Etkililik ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 23(4): 1-13.

- Zadeh LA (1965) Fuzzy Sets. *Information and Control* 8: 338-353.
- Zhai LY, Khoo LP, Zhong ZW (2009) Design Concept Evaluation in Product Development Using Rough Sets and Grey Relation Analysis. *Expert Systems with Applications* 36(3): 7072-7079.
- Zammori F (2010) The Analytic Hierarchy and Network Processes: Applications to The US Presidential Election and to The Market Share of Ski Equipment in Italy. *Applied Soft Computing* 10(4): 1001-1012.
- Zarghami E, Azemati H, Fatourehchi D, Karamloo M (2018) Customizing Well-Known Sustainability Assessment Tools for Iranian Residential Buildings Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Building and Environment* 128: 107-128.
- Zeydan M, Çolpan C, Çobanoğlu C (2011) A Combined Methodology for Supplier Selection and Performance Evaluation. *Expert Systems with Applications* 38(3): 2741-2751.
- Zhenhua G (2009) The Application of DEA/AHP Method to Supplier Selection. *International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*. Xi'an, China December 26-27: 449-451.
- Zouggari A, Benyoucef L (2012) Simulation Based Fuzzy TOPSIS Approach for Group Multi-Criteria Supplier Selection Problem. *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 25(3): 507-519.
- Zyoud SH, Kaufmann LG, Shaheen H, Samhan S, Hanusch DH (2016) A Framework for Water Loss Management in Developing Countries Under Fuzzy Environment: Integration of Fuzzy AHP with Fuzzy TOPSIS. *Expert Systems with Applications* 61(1): 86-105.
- Wang Q Cui JC (2010) A Resource Allocation Mode Based on DEA Models and Elasticity Analysis. *The Ninth International Symposium on Operations Research and Its Applications (ISORA'10)*. Chengdu-Jiuzhaigou, China August 19-23: 168-174.
- Wang YM, Chin KS (2011) Fuzzy Data Envelopment Analysis: A Fuzzy Expected Value Approach. *Expert Systems with Applications* 38(9): 11678-11685.

- Wang YM, Chin KS, Yang JB (2007) Measuring The Performances of Decision Making Units Using Geometric Average Efficiency. *Journal of the Operational Research Society* 58(7): 929-937.
- Wang YM, Greatbanks R, Yang JB (2005) Interval Efficiency Assessment Using Data Envelopment Analysis. *Fuzzy Set and Systems* 153(3): 347-370.
- Wanke P, Barros CP, Nwaogbe OR (2016) Assessing Productive Efficiency in Nigerian Airports Using Fuzzy-DEA. *Transport Policy* 49: 9-16.
- Weber CA (1996) A Data Envelopment Analysis Approach to Measuring Vendor Performance. *Supply Chain Management: An International Journal* 1(1): 28-39.
- Weber CA, Current JR, Benton WC (1991) Vendor Selection Criteria and Methods. *European Journal of Operational Research* 50(1): 2-18.
- Weber CA, Current J, Desai A (2000) An Optimization Approach to Determining The Number of Vendors to Employ. *Supply Chain Management: An International Journal* 5(2): 90-98.
- Weck M, Klocke F, Schell H, Rüenauer E (1997) Evaluating Alternative Production Cycles Using The Extended Fuzzy AHP Method. *European Journal of Operational Research* 100(2): 351-366.
- Wong BK, Lai VS (2011) A Survey of The Application of Fuzzy Set Theory in Production and Operations Management: 1998–2009. *International Journal of Production Economics* 129(1): 157-168.
- Wu D (2009) Supplier selection: A Hybrid Model Using DEA, Decision Tree and Neural Network. *Expert Systems with Applications* 36(5): 9105-9112.
- Wu HH (2002) A Comparative Study of Using Grey Relational Analysis in Multiple Attribute Decision Making Problems. *Quality Engineering* 15(2): 209-217.
- Wu WW (2012) An Integrated Solution for Benchmarking Using DEA, Gray Entropy, and Borda Count. *The Service Industries Journal* 32(2): 321-335.
- Xia W, Wu Z (2007) Supplier Selection with Multiple Criteria in Volume Discount Environments. *Omega* 35(5): 494-504.
- Xu J, Li B, Wu D (2009) Rough Data Envelopment Analysis and Its Application to Supply Chain Performance Evaluation. *International Journal of Production and Economics* 122(2): 628-638.

EKLER

Ek 1. Tedarikçi Kriterlerinin Önem Seviyesinin Belirlemesi için Likert Tipi Ölçek

Değerli katılımcı bu ölçek tedarikçi seçimi problemini araştırmak için hazırlanmıştır. Bu ölçek çalışması sonuçlarının firmaların tedarikçi seçimiyle ilgili konularda çalışmalarını gerçekleştirebilmelerinde önemli bir veri oluşturacağı düşünülmektedir. Katılımınız için teşekkür ederiz.

Aşağıdaki kriterlerin tedarikçi seçiminde çalıştığınız firma için önem düzeyi ne kadardır.

No	Tedarikçi Seçiminde Kriterler	Çok Düşük	Düşük	Orta Düşük	Orta	Orta Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
1	Fiyat							
2	Kalite							
3	Esneklik							
4	Teslimat							
5	Ham Madde Özelliği							
6	Ham Madde Kirlilik Oranı							
7	Tecrübe							
8	Firma İtibarı							
9	Teknoloji							
10	Sürekli İyileştirme Programı							
11	Coğrafi Konum							
12	Ürün Kapasitesi							
13	Teknik Kapasite							
14	Stok Durumu							
15	Müşteri Hizmetleri							
16	Güvenilirlik							
17	Garanti Politikaları							
18	İşbirliği							
19	Problem Çözme Yeteneği							
20	Finansal Durum							
21	Çevre Yönetim Sistemi							
22	Örgütsel Yönetim Sistemi							
23	Ürün Yelpazesi							
24	Lojistik Durumu							
25	Standart ve Sertifikalar							
26	Satış Sonrası Servis							

Ek 2. Tedarikçi Kriterlerinin Önem Seviyesinin Belirlemesi için Uzman Değerlendirmeleri

Tedarikçi Seçiminde Kriterler	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4	Uzman 5
Fiyat	7	7	7	7	7
Kalite	7	7	7	7	7
Esneklik	6	7	6	7	7
Teslimat	7	7	7	7	7
Ham Madde Özelliği	7	7	7	7	7
Ham Madde Kirlilik Oranı	6	7	7	6	7
Tecrübe	6	6	7	6	6
Firma İtibarı	7	6	6	7	6
Teknoloji	4	6	5	6	6
Sürekli İyileştirme Programı	5	5	6	5	6
Coğrafi Konum	6	5	5	6	5
Ürün Kapasitesi	6	7	6	7	6
Teknik Kapasite	4	4	4	5	4
Stok Durumu	7	7	7	6	7
Müşteri Hizmetleri	6	6	7	6	5
Güvenilirlik	7	7	7	7	7
Garanti Politikaları	6	5	5	5	5
İşbirliği	5	6	5	6	5
Problem Çözme Yeteneği	6	5	6	6	6
Finansal Durum	6	5	5	4	5
Çevre Yönetim Sistemi	4	5	5	6	5
Örgütsel Yönetim Sistemi	3	5	4	3	4
Ürün Yelpazesi	6	5	6	5	5
Lojistik Durumu	5	6	5	6	5
Standart ve Sertifikalar	4	4	4	3	5
Satış Sonrası Servis	5	4	3	5	4

Ek 3. Uzman1'e Göre Tedarikçilerin Bulanık Üçgen Sayılarla Değerlendirilmesi

KVB	GİRDİLER															ÇIKTILAR								
	Ham madde kirlilik oranı			Ham madde özelliği			Güvenilirlik			Stok durumu			Esneklik			Fiyat			Kalite			Teslimat		
T1	1	3	5	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	5	7	9	3	5	7	1	3	5
T2	1	3	5	3	5	7	3	5	7	1	1	3	1	3	5	3	5	7	1	3	5	3	5	7
T3	3	5	7	5	7	9	5	7	9	1	3	5	3	5	7	5	7	9	3	5	7	3	5	7
T4	1	3	5	3	5	7	5	7	9	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9
T5	3	5	7	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9
T6	5	7	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9
T7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9
T8	7	9	9	7	9	9	7	9	9	5	7	9	7	9	9	5	7	9	7	9	9	5	7	9
T9	3	5	7	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9
T10	1	3	5	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7
T11	1	3	5	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7
T12	3	5	7	5	7	9	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9
T13	5	7	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7
T14	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7
T15	1	3	5	3	5	7	3	5	7	1	1	3	1	3	5	1	3	5	1	3	5	1	3	5
T16	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7

Ek 4. Uzman 2'ye Göre Tedarikçilerin Bulanık Üçgen Sayılarla Değerlendirilmesi

KVB	GİRDİLER															ÇIKTILAR								
	Ham madde kirlilik oranı			Ham madde özelliği			Güvenilirlik			Stok durumu			Esneklik			Fiyat			Kalite			Teslimat		
T1	1	3	5	1	3	5	3	5	7	1	1	3	1	3	5	5	7	9	1	3	5	3	5	7
T2	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	5	7	9	3	5	7	1	3	5
T3	1	3	5	3	5	7	3	5	7	1	1	3	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7
T4	3	5	7	5	7	9	3	5	7	1	3	5	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9
T5	1	3	5	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7
T6	5	7	9	7	9	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7
T7	5	7	9	5	7	9	7	9	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9
T8	5	7	9	7	9	9	7	9	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9	7	9	9	5	7	9
T9	5	7	9	7	9	9	7	9	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9	7	9	9	7	9	9
T10	3	5	7	5	7	9	5	7	9	1	3	5	3	5	7	3	5	7	5	7	9	5	7	9
T11	1	3	5	1	3	5	3	5	7	1	1	3	1	3	5	1	3	5	3	5	7	3	5	7
T12	3	5	7	5	7	9	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7
T13	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7
T14	5	7	9	7	9	9	7	9	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7	7	9	9	5	7	9
T15	1	3	5	3	5	7	7	9	9	1	1	3	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7
T16	3	5	7	5	7	9	5	7	9	1	3	5	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9

Ek 5. Uzman 3'e Göre Tedarikçilerin Bulanık Üçgen Sayılarla Değerlendirilmesi

KVB	GİRDİLER															ÇIKTILAR								
	Ham madde kirlilik oranı			Ham madde özelliği			Güvenilirlik			Stok durumu			Esneklik			Fiyat			Kalite			Teslimat		
T1	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7
T2	1	3	5	5	7	9	3	5	7	1	3	5	3	5	7	1	3	5	5	7	9	3	5	7
T3	1	3	5	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7
T4	1	3	5	3	5	7	3	5	7	1	1	3	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7
T5	3	5	7	5	7	9	5	7	9	1	3	5	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9
T6	3	5	7	5	7	9	5	7	9	1	3	5	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7
T7	3	5	7	5	7	9	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7
T8	5	7	9	7	9	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	1	3	5	5	7	9	3	5	7
T9	5	7	9	7	9	9	7	9	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7	7	9	9	3	5	7
T10	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	1	3	5
T11	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7	3	5	7	5	7	9
T12	5	7	9	7	9	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7
T13	3	5	7	5	7	9	5	7	9	1	3	5	3	5	7	1	3	5	3	5	7	5	7	9
T14	3	5	7	5	7	9	3	5	7	1	3	5	3	5	7	1	3	5	5	7	9	3	5	7
T15	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7
T16	3	5	7	5	7	9	5	7	9	1	3	5	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7

Ek 6. Uzman 4'e Göre Tedarikçilerin Bulanık Üçgen Sayılarla Değerlendirilmesi

KVB	GİRDİLER															ÇIKTILAR								
	Ham madde kirlilik oranı			Ham madde özelliği			Güvenilirlik			Stok durumu			Esneklik			Fiyat			Kalite			Teslimat		
T1	1	3	5	5	7	9	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7	5	7	9	5	7	9
T2	1	3	5	5	7	9	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7
T3	3	5	7	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9
T4	1	3	5	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9
T5	3	5	7	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7
T6	3	5	7	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9
T7	3	5	7	5	7	9	5	7	9	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9
T8	3	5	7	5	7	9	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9
T9	5	7	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7
T10	1	3	5	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7
T11	5	7	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9
T12	5	7	9	7	9	9	7	9	9	5	7	9	7	9	9	5	7	9	7	9	9	7	9	9
T13	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9
T14	3	5	7	5	7	9	5	7	9	3	5	7	3	5	7	1	3	5	5	7	9	3	5	7
T15	1	3	5	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	1	3	5	3	5	7	5	7	9
T16	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9	1	3	5	5	7	9	5	7	9

Ek 7. Uzman 5'e Göre Tedarikçilerin Bulanık Üçgen Sayılarla Değerlendirilmesi

KVB	GİRDİLER															ÇIKTILAR								
	Ham madde kirlilik oranı			Ham madde özelliği			Güvenilirlik			Stok durumu			Esneklik			Fiyat			Kalite			Teslimat		
T1	1	3	5	3	5	7	1	3	5	1	3	5	3	5	7	1	3	5	1	3	5	3	5	7
T2	3	5	7	5	7	9	5	7	9	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5
T3	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7
T4	3	5	7	3	5	7	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7	3	5	7	1	3	5
T5	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7
T6	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	3	5	7
T7	5	7	9	7	9	9	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9
T8	5	7	9	7	9	9	7	9	9	7	9	9	7	9	9	3	5	7	7	9	9	5	7	9
T9	3	5	7	5	7	9	3	5	7	3	5	7	5	7	9	3	5	7	5	7	9	5	7	9
T10	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	1	3	5	3	5	7	1	3	5
T11	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5
T12	3	5	7	5	7	9	5	7	9	5	7	9	5	7	9	1	3	5	5	7	9	1	3	5
T13	3	5	7	5	7	9	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5	5	7	9	1	3	5
T14	5	7	9	7	9	9	7	9	9	5	7	9	5	7	9	3	5	7	7	9	9	5	7	9
T15	3	5	7	5	7	9	5	7	9	1	3	5	3	5	7	1	3	5	5	7	9	3	5	7
T16	3	5	7	5	7	9	3	5	7	1	3	5	3	5	7	3	5	7	3	5	7	1	3	5

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı-Soyadı: Yusuf ERSOY

Uyruğu: Türk

Doğum Yeri ve Tarihi: Yerköy, 03.09.1981

Tel: 0276 221 21 42- 4853

E-posta: yusuf.ersoy@usak.edu.tr

Yazışma Adresi: Uşak Üniversitesi Bilimsel Analiz ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bir Eylül Yerleşkesi, Merkez/UŞAK

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme A.B.D	2015
Lisans	Afyon Kocatepe Üniversitesi Uşak Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği	2003

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2013-	Uşak Üniversitesi	Öğretim Görevlisi

YABANCI DİL

İngilizce, 66.25 YÖKDİL/2017

YAYINLAR

Bilimsel Makaleler:

1. Doğan, N. Ö., **Ersay, Y.**, Tarımsal Kalkınma Kooperatiflerinde SWOT Analizi: Uşak İli Örneği, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 52(Özel Sayı), 953-969, 2017
2. Doğan, N. Ö., **Ersay, Y.**, Tarım Satış Kooperatifleri Birliklerinde VZA İle Etkinlik Ölçümü: Marmarabirlik Örneği, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 52(Özel Sayı), 627-641, 2017
3. Doğan, N. Ö., **Ersay, Y.**, Etkinlik Ölçümü: Tekstil Sektöründen Bir İşletme Örneği, *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(1), 35-44, 2017
4. **Ersay, Y.**, Şenol, M.F., Ham Madde Cinsi ve Üretim Parametrelerinin İplik Kalitesine Etkisi: Open-End İplikçiliği Üzerine Bir Uygulama, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 96-107, 2017
5. Doğan, N. Ö., **Ersay, Y.**, Hizmet Sektöründe Değer Akış Haritalama Uygulaması: Bir Üniversite Araştırma ve Uygulama Merkezi Örneği, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 48, 103-116, 2016
6. Alkaya, A., Çoban, S., Tehci, A., **Ersay, Y.**, Çevresel Duyarlılığın Yeşil Ürün Satın Alma Davranışına Etkisi: Ordu Üniversitesi Örneği, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 47, 121-134, 2016
7. **Ersay, Y.**, Duran, M., Tayyar, A. E., Tıbbi Tekstiller ve Yara Örtüsü, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(2), 451-458, 2015
8. **Ersay, Y.**, Zıraplı, M., Geri Dönüşüm İplikçiliğın Önemi ve İplik Üretim Yöntemleri, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 425-432, 2014

Bilimsel Bildiriler

1. Doğan, N.Ö., **Ersay, Y.**, Zeytin ve Zeytinyağı Alan Tarım Satış Kooperatifleri Birliklerinde VZA İle Etkinlik Ölçümü: Marmarabirlik Örneği, *22.Milletlerarası Türk Kooperatifçilik Kongresi, 5-7 Ekim 2017, Nevşehir*
2. Doğan, N.Ö., **Ersay, Y.**, Uşak İlinde Faaliyet Gösteren Tarımsal Kalkınma Kooperatiflerinin SWOT Analizi, *22.Milletlerarası Türk Kooperatifçilik Kongresi, 5-7 Ekim 2017, Nevşehir*

3. **Ersoy, Y.**, Gökçe, S., Ersoy, T.H., Tarımsal Ürünlerdeki Kalıntı Pestisit Analizlerinin Tarım Satış Kooperatifleri Açısından Önemi, *22.Milletlerarası Türk Kooperatifçilik Kongresi, 5-7 Ekim 2017, Nevşehir*
4. Doğan, N.Ö., **Ersoy, Y.**, VZA İle Turizm Sektöründe Etkinlik Ölçümü: Yozgat'ta Faaliyet Gösteren Konaklama İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama, *2.Uluslararası Bozok Sempozyumu, 4-6 Mayıs 2017, Yozgat*
5. **Ersoy, Y.**, Tehci, A., Ersoy, B., Yozgat İli Kırsal Turizm SWOT Analizi, *2.Uluslararası Bozok Sempozyumu, 4-6 Mayıs 2017, Yozgat*

