

**ÜRÜN SEÇİMİ PROBLEMİ İÇİN
YENİ BİR BULANIK BÜTÜNLEŞİK
ÇKKV- (0-1) HEDEF PROGRAMLAMA
YAKLAŞIMI**

İlker KARADAĞ

**Yüksek Lisans Tezi
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Yrd. Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE
2015**

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÜRÜN SEÇİMİ PROBLEMİ İÇİN YENİ BİR BULANIK
BÜTÜNLEŞİK ÇKKV- (0-1) HEDEF PROGRAMLAMA
YAKLAŞIMI**

İlker KARADAĞ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2014**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**ÜRÜN SEÇİMİ PROBLEMİ İÇİN YENİ BİR BULANIK BÜTÜNLEŞİK
ÇKKV- (0-1) HEDEF PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI**

Yrd. Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE danışmanlığında, İlker KARADAĞ tarafından hazırlanan bu çalışma 15/06/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim’nda Yüksek Lisans tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu~~ (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Doç.Dr. Çoşkun HAMZAÇEBİ

İmza

Üye : Yrd. Doç.Dr. Elif KILIÇ DELİCE

İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Burak ERKAYMAN

İmza

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 02.07.2015 tarih ve 26.871 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÜRÜN SEÇİMİ PROBLEMİ İÇİN YENİ BİR BULANIK BÜTÜNLEŞİK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME-(0-1) HEDEF PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI

İlker KARADAĞ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE

Ürün seçimi, çok sayıda ve farklı özelliklere sahip ürün alternatiflerinin olması nedeniyle hem tasarımcılar hem de mühendisler için oldukça karmaşık ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu problem birden fazla birbiriyle bağımlı kriteri ve müşterilerin ürünle ilgili bilgi eksikleri nedeniyle belirsiz veriyi içermektedir. Bu nedenle ürün seçim problemi bir bulanık çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemi olarak ele alınabilir. Bu çalışmada, bulanık bir ortamdaki ürün seçim probleminin çözümü için yeni bir bulanık bütünleşik ÇKKV-(0-1) Hedef Programlama (HP) yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşımın birinci aşamasında, alternatiflerin önceliklerini elde etmek için bulanık DEMATEL(Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Model) ve bulanık VIKOR&GİA (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje & Gri İlişkisel Analiz) metotlarından oluşan bulanık bütünleşik bir ÇKKV yöntemi geliştirilmiştir. Bu aşamada kriterler arasındaki bağımlılıklar ve değerlendirme sürecindeki belirsizlikler dikkate alınmıştır. İkinci aşamada, birinci aşamada belirlenen alternatiflerin öncelikleri dikkate alınarak yeni bir 0-1 HP modeli geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşımda yer alan yöntemler literatürde şimdiye kadar birlikte kullanılmamıştır. Ayrıca, bu yaklaşımda geliştirilen 0-1 HP modeli geleneksel 0-1 HP modellerinden farklı olarak hem alternatiflerin önceliklerini hem de hedeflerin ağırlıklarını göz önüne alarak bir çözüm önermektedir. Önerilen bu yaklaşım Türkiye’de kablo sektöründe faaliyet gösteren bir firmada kablo seçim problemi üzerine uygulanmıştır. Bu uygulama ile fiber optik kablo seçimi ilk defa bulanık ÇKKV problemi olarak ele alınmıştır. Sonuç olarak, önerilen yaklaşımın ürün alternatiflerini karşılaştırmada ve en iyi ürünün seçiminde etkili bir yaklaşım olduğu gösterilmiştir.

2015, 103 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ürün seçimi, Bulanık ÇKKV, Bulanık DEMATEL, Bulanık VIKOR&GİA, 0-1 Hedef Programlama, Fiber Optik Kablo

ABSTRACT

Master Thesis

A NOVEL FUZZY HYBRID MULTI CRITERIA DECISION MAKING AND ZERO ONE GOAL PROGRAMMING APPROACH FOR PRODUCT SELECTION PROBLEM

İlker KARADAĞ

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Elif KILIÇ DELİCE

The product selection is often a complicated and time consuming process for both designers and engineers due to the presence of a large number of products with diverse properties. This problem involving both multiple criteria, which are dependent, and uncertain data which usually results from customer's lack of knowledge about the product. Therefore the product selection problem can be considered as a Multi Criteria Decision Making (MCDM) problem. In this study a novel fuzzy MCDM-Zero One Goal Programming (ZOGP) approach for product selection in a fuzzy environment is proposed. In the first stage of this approach, a fuzzy hybrid MCDM model that consists of fuzzy DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Model) and fuzzy VIKOR&GRA (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje & Grey Relational Analysis) have been developed to achieve the priorities of the alternatives. Interdependence among criteria and uncertainties in the evaluation process is considered in this stage. In the second stage, a novel 0-1 HP model considering the priorities of alternatives that identified in the first stage have been developed. In the proposed approach methods are used together in the literature so far. Additionally ZOGP model which developed in this approach provides a solution considering both the weights of objectives and the priorities of alternatives, as distinct from traditional ZOGP. The proposed approach was applied in a company operating in the cable sector in Turkey. It seems that no study exists addressing the fiber optic cable selection as fuzzy MCDM problem. Finally the proposed approach is shown to be an effective approach in the selection of the best product and comparing the product alternatives.

2015, 103 pages

Keywords: Product selection, Fuzzy MCDM, Fuzzy DEMATEL, Fuzzy VIKOR-GRA, Zero one goal programming, Fiber Optic Cable

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tez çalışmamın başlangıcından sonuçlandırılmasına kadar her aşamasında kıymetli önerileri ve tecrübeleri ile beni yönlendiren, bilimsel katkılarını ve düşüncelerini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Elif KILIÇ DELİCE'ye teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde beni yalnız bırakmayan, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve haklarını asla ödeyemeyeceğim canım babam Hasan KARADAĞ'a, canım annem Azimet KARADAĞ'a, canım ablalarım Gülsen ÖNER'e, Şermin TURAN'a, Esin KARADAĞ'a ve tüm aileme en içten duygularıyla teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

İlker KARADAĞ

Haziran, 2015

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	5
2.1. Ürün Seçimi.....	5
2.2. Çok Kriterli Karar Verme.....	7
2.2.1. Karar verme kavramı.....	7
2.2.2. Çok kriterli karar verme	11
2.2.2.a. Çok amaçlı karar verme.....	12
2.2.2.b. Çok ölçütlü karar verme	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	15
3.1. Bulanık Mantık.....	15
3.1.1. Bulanık küme teorisi ve üyelik fonksiyonları	16
3.1.2. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler.....	18
3.2. Bulanık DEMATEL	20
3.3. Bulanık VIKOR.....	24
3.4. Bulanık Gri İlişkisel Analiz.....	28
3.5. Bulanık VIKOR&GİA	31
3.6. (0-1) Hedef Programlama.....	33
3.7. Literatür Taraması	34
3.8. Önerilen Bulanık Bütünleşik ÇKKV – (0-1) HP Yaklaşımı	44
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	47
4.1. Fiber Optik Kablolar	47
4.2. Fiber Optik Kablo Ürün Seçimi Yapısı.....	49

4.3. Önerilen Bulanık Bütünleşik ÇKKV-(0-1) HP Yaklaşımı ile Fiber Optik	
Kablolar için Bir Uygulama	51
4.3.1. Veri toplama	51
4.3.2. Bulanık hibrit ÇKKV hesaplamaları	57
4.3.2.a. Bulanık DEMATEL hesaplamaları	57
4.3.2.a. Bulanık VIKOR&GİA hesaplamaları	63
4.3.2.b. 0-1 hedef programlama	71
4.4. Duyarlılık Analizi ve Karşılaştırma	80
5. SONUÇ	86
KAYNAKLAR	89
EKLER.....	102
EK 1.....	102
EK 2.....	103
ÖZGEÇMİŞ	104

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

$\tilde{X}^k$	Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi
$\tilde{Q}_i$	Gri ilişki dereceleri
$\tilde{A}$	A bulanık kümesi
$\tilde{D}$	Bulanık karar matrisi
Q_i	İndeks değeri
$\tilde{T}$	Toplam ilişki matrisi
w_i	i . Kriter (Hedefin) Ağırlığı
$\mu_{\tilde{A}}(x)$	A bulanık kümesinin x elemanının üyelik değeri
ξ_{ij}	Gri ilişkisel katsayı
Δ	Uzaklık matrisi
C	Kriter
Def	Durulaştırma
F	Alternatif

Kısaltmalar

0-1 HP	0-1 Hedef Programlama
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
ANP	Analitik Ağ Süreci
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇÖKV	Çok Ölçütlü Karar Verme
DEMATEL	Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
<i>et al.</i>	ve diğerleri
FO	Fiber Optik
GİA	Gri İlişkisel Analiz

MOORA	Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis
PROMETHEE	The Preference Ranking Optimization Method For Enrichment Evaluation
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Soluation
vd	ve diğ erleri
VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Karar verme süreci.....	8
Şekil 3.1. Üçgen üyelik fonksiyonu.....	18
Şekil 3.2. Kablo seçiminde öne sürülen yaklaşımın şematik gösterimi.....	44
Şekil 4.1. Fiber optik kablo seçimine ait karar hiyerarşisi.....	56
Şekil 4.2. Senaryo 1'e göre seçilen ürünlerin kesit resimleri	79
Şekil 4.3. $\tilde{Q}_i$ değerlerine ait duyarlılık analizi	83

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. ÇÖKV-ÇAKV karşılaştırma çizelgesi.....	14
Çizelge 3.1. Dilsel değişkenler ve bulanık değerleri	21
Çizelge 3.2. Literatürde bulunan çalışmalar	35
Çizelge 4.1. Alternatif fiber optik kablolar	54
Çizelge 4.2. Dilsel değişkenler ve bulanık değerleri	57
Çizelge 4.3. Satış mühendisine ait ikili karşılaştırma matrisi.....	58
Çizelge 4.4. Direkt ilişki matrisi	59
Çizelge 4.5. Normalize edilmiş direkt ilişki matrisi	60
Çizelge 4.6. $\tilde{X}$, bulanık başlangıç direkt ilişki matrisi.....	61
Çizelge 4.7. $\tilde{T}$, bulanık toplam ilişki matrisi.....	62
Çizelge 4.8. Kriter ağırlıkları	63
Çizelge 4.9. Satış mühendisine ait karşılaştırma matrisi	64
Çizelge 4.10. Satış mühendisine ait bulanık karşılaştırma matrisi	65
Çizelge 4.11. $\tilde{D}$ bulanık performans matrisi	66
Çizelge 4.12. Normalize edilmiş bulanık performans matrisi	67
Çizelge 4.13. Her bir alternatife ait ağırlıklandırılmış pozitif bulanık gri ilişkisel katsayı matrisi.....	68
Çizelge 4.14. Her bir alternatife ait ağırlıklandırılmış negatif bulanık gri ilişkisel katsayı matrisi.....	68
Çizelge 4.15. Altmış alternatifin değerlendirilme matrisi	69
Çizelge 4.16. Normalize $\tilde{Q}_i^r$ değerleri	72
Çizelge 4.17. 0-1 HP modelinin kurulmasında kullanılacak olan değerler	74
Çizelge 4.18. Senaryolar ve sonuçlar.....	78
Çizelge 4.19. Duyarlılık analizi ile elde edilen sıralamalar	81
Çizelge 4.20. Önerilen modelin klasik bir model ile karşılaştırılması.....	84

1. GİRİŞ

Ürün seçimi, ağırlıklı olarak müşterinin kazancını maksimize etmeyi ve müşteri ile satıcı arasında uzun dönemli güvenilir ilişki inşa etmeyi hedefler (Monczkil *et al.* 1998). Bu süreçte firmalar da yüksek kalite ürünler sunarak, müşteri isteklerine kısa sürede cevap vermek zorundadır. Müşterinin ne istediğini değerlendirmek ve kısa sürede bu isteğe uygun ürünü pazarlamak, firmaların pazar paylarını korumaları ve büyötmeleri için şarttır. Modern pazarlama anlayışı bilindiğı gibi satılabilen ürün üretilir, ya da ürünü üretmeden önce satmaya dayandırılır. Dolayısı ile klasik satış anlayışının aksine modern pazarlamada dışardan içeriye doğru bir bakış açısı mevcuttur. Günümüz işletmeleri de gelişmekte olan ölkemizde artık bu anlayış ile pazarlama yapmaya çalışmaktadır. Müşterinin ne istediğini kısa sürede değerlendirmek ve kullanımına uygun müşteri memnuniyetini sağlayan doğru ürünün seçilmesi bu anlayışın temelidir.

Bunun tam tersini düşündüğümüzde ise, yani yanlış ürün seçimi kararı, üretim organizasyonlarının verimliliklerini, karlılıklarını ve müşteri gözündeki itibarlarını olumsuz etkiler. Sanayi devriminden bu yana hızla değişen ve gelişen dünyada, mal ve hizmet çeşitleri artmış, üretim ve hizmet sistemleri daha karmaşık hala gelmiş, bu şartlar altında, doğru ürünü seçebilme firmalar için hayati öneme sahip olan bir faaliyet haline gelmiştir. Doğru ürünün seçilme sürecinin sağlıklı bir şekilde yürütölmesinde, günümüzün en etkin ve verimli yöntemleri olarak görölen Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin kullanılması bahsedilen grup kararları ve yardım araçlarındandır.

Bununla birlikte, ürün seçim problemi için karar verme süreci zamandan, müşteriden ve değişen ürün yelpazesinden etkilenmektedir. Seçim sürecinin doğal yapısı gereğı, çelişen kriterler ve amaçlara bağılı olarak, fazla sayıdaki alternatif arasından değerlendirme yapmak oldukça karmaşık bir görevdir. Ayrıca rakiplerde bulunan farklı nitelik ve maliyetlere sahip olan oldukça büyük bir çeşitlilikteki ürün grubu, bu karmaşık görevi kısa sürede yapmak gerekliliğini de beraberinde getirmektedir. Sadece maliyet kaygısı ile hareket ederek yapılacak bir seçim süreci de sağlıklı olmayacaktır,

Çünkü rn veya hizmetler günümüz koşullarında değişen spesifikasyonlara ve niteliklere sahiptir.

Günümüz rn seçimi sürecinde, kriterler arasında önemli bağımlılıklar olabilir. Bununla beraber, fazla sayıdaki alternatifler arasından en iyi ürünü, problemin çelişen amaçlarını da dikkate alarak seçmek karar vericiler için oldukça karmaşık bir iştir. Bu nedenle, ürün seçimi sürecinde en önemli konu karar vericiler için uygun bir çözüm yöntemi geliştirmektir.

rn seçimi, nitel ve nicel kriterleri olan bir çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) problemidir. Genellikle rn seçimi, müşterilerin ürünle ilgili çok az bilgisinin olması sebebiyle eksik bilgi ve kesin olmayan veriye dayalı olarak yapılmaktadır. Klasik bir tedarik zinciri düşünüldüğünde son kullanıcı durumunda olmayan fakat ürün veya hizmetin üreticiden son kullanıcıya ulaşmasını sağlayan ve sadece ticari kaygılarla ürün veya hizmet üzerinden fayda beklentisi olan müşteriler çoğu zaman üreticiye yeterli bilgi ve talepler ile gidemez. Bu belirsizlik ortamında, müşteri isteklerinin karşılanması için çok çeşitli özelliklere sahip ürünler içinden en uygun ürünün seçilip müşteriye sunulması oldukça zordur. rn seçimi kararları sadece karar vericilerin deneyimleri ve zihinsel hissi tahminlerine dayanmaktadır.

Karar verme sürecindeki belirsizlik durumunun yönetilmesinde genellikle Bulanık Küme Teorisinden (Zadeh 1965) faydalanılmaktadır. rn seçim problemi dilsel ifadeler içeren değerlendirmelere sahip bir ÇKKV olması sebebiyle, bulanıklık ve belirsizlikler içermektedir. Bulanık Küme Teorisi belirsiz ve kesin olmayan verilere dayalı, ürün seçimi konusu için oldukça uygundur.

Bu tez çalışmasında, ürün seçim probleminin çözümü için yeni bir bulanık bütünleşik ÇKKV-(0-1) Hedef Programlama(HP) yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşım kullanılarak müşterinin ürün hakkında yeterli bilgisinin olmaması nedeniyle ortaya çıkan belirsizlik durumunda en iyi ürün seçiminin yapılması amaçlanmıştır. Ayrıca rn seçim problemini etkileyen kriterler arasında mevcut olan bağımlılıklarda dikkate alınmıştır.

Bu yaklaşımda ilk aşamada ürün seçim sürecinde belirlenen kriterlerin ağırlıkları bulanık DEMATEL(Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemi ile belirlenmiştir. Daha sonra elde edilen bu ağırlıklar kullanılarak bulanık VIKOR(Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)&Gri İlişkisel Analiz(GİA) yöntemleri ile alternatif öncelikleri bulunmuştur. İkinci aşamada belirlenen bu öncelik değerleri 0-1 HP modeline eklenerek yeni bir model oluşturulmuştur. Bu modelin klasik HP'den farkı hem alternatiflerin önceliklerini hem de amaçların ağırlıklarını bir arada değerlendirerek karar verme sürecinin ayrıntılı olarak analiz edilmesidir. Bu çalışmanın literatürdeki çalışmalardan diğer bir farkı ise ele alınan yöntemlerin ilk defa birlikte kullanılmasıdır.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'de kablo sektöründe faaliyet gösteren bir işletme için müşteriden kaynaklanan bilgi eksikliği durumunda en iyi ürünün seçilmesi için öne sürülen bütünleşik ÇKKV-(0-1) HP programlama yaklaşımı kullanılmıştır. Fiber Optik kabloların dikkate alındığı çalışmada, bulanıklık ve belirsizliklerde dikkate alınarak dilsel ifadeler içeren değerlendirmelerle hibrit bir ÇKKV modeli oluşturulmuş, buna ek olarak ÇKKV modelinin sonuçlarının da yer aldığı matematiksel bir 0-1 tam sayılı model yardımı ile karar verme süreci ayrıntılı olarak analiz edilmiştir.

Fiber optik kablo, elektronik sinyaller yerine kendi boyunca içerisinden ışığın yönlendirilebildiği optik fiber(ler)den meydana gelen kablodur. Yüksek bant genişliği kapasitesine sahip olması ve yüksek hızda veri iletimi, fiber optik kabloların hayatımızda kaçınılmaz bir yeri olmasını sağlamıştır. Teknolojinin gelişimi ile beraber fiber iletişim hatlarına olan talepte giderek artmaktadır. Türkiye'de 1985 yılından bu yana kullanılmaktadır. Ülkemizde sayıları 15-16 civarında olan üreticiler, ülke talebini karşılamakta ve ihracata yönelik olarak üretim yapmaktadırlar. Bu nedenle fiber optik kablo seçimi önemli bir konudur. Bu çalışmada ilk defa bulanık ÇKKV problemi olarak ele alınmıştır.

Bu tez beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde çalışmanın konusu ve çalışmada kullanılan yöntemler ile ilgili kısa bilgilere yer verilmiştir. İkinci bölümde ürün seçim

problemi ve çok kriterli karar verme anlatılmıştır. Üçüncü bölümde kullanılan yöntemlere, bu yöntemlere ait literatür bilgisine ve tez kapsamında önerilen yaklaşıma yer verilmiştir. Dördüncü bölümde bu yaklaşıma ait gerçek hayat uygulamasına yer verilmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve gelecek çalışmalara yönelik önerilerde bulunulmuştur.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Ürün Seçimi

Endüstri devrimine kadar ürünlerin sınırlı sayıda olması ve kullanıcı gereksinimlerinin karmaşık olmayışı nedeniyle ürün seçme eylemi kolaylıkla yapılabilmekteydi. Günümüzde ise hemen her alanda ürünler ve teknolojiler çok çeşitlenmiş, ürün nitelikleri çok artmıştır. Seçim sürecinin doğal yapısı gereği, çelişen kriterler ve amaçlara bağlı olarak, fazla sayıdaki alternatif arasından değerlendirme yapmak oldukça karmaşık bir görev olmuştur. Bu nedenle ürün seçimi kararı çoğu kez tüketicinin tek başına yapabileceği bir iş olmaktan çıkmış kapsamlı bir araştırma ve çalışma gerektiren bir hale gelmiştir.

Ürün seçim problemi için karar verme süreci zamandan, müşteriden ve değişen ürün gamından etkilenmektedir. Bununla beraber rakiplerde bulunan farklı nitelik ve maliyetlere sahip olan oldukça büyük bir çeşitlilikteki ürün grubu, rekabetin giderek arttığı bir ortamda bu karmaşık görevi kısa sürede yapmak gerekliliğini de beraberinde getirmektedir. Dolayısı ile ürün seçimi hızlı bir şekilde kısa sürede gerçekleştirilmesi gereken bir süreçtir.

Ürün seçimi yapacak üreticinin asıl amacı, kısa sürede az maliyetle, amaca uygun ürünü seçip müşteriye sunmaktır. Ancak, tüketici adına seçim yapan üreticinin ya da karar vericinin karar vermesini kolaylaştıracak ve kolaylıkla ulaşılabilecek yeterli sayıda kaynağın bulunması son derece önemlidir. Karar verici, değişik özellik, farklı fiyat ve kalitede çok sayıda ürüne ilişkin yeterli düzeyde bilgiye kolay bir şekilde ulaşmalıdır.

Müşteri memnuniyeti, ürün seçiminde üretici konumundaki karar vericinin üzerinde durması gereken en önemli konudur. Bu süreç doğru yürütüldüğünde, müşteri istekleri karşılanacak, dolayısı ile müşteri memnuniyeti sağlanmış olacaktır. Müşteri memnuniyeti ancak amaca uygun kaliteli ürünün seçilmesi ile sağlanabilir. Üretici

konumundaki karar verici ürünleri değerlendirmeden evvel, seçilecek ürün ile müşteri memnuniyetini nasıl en yüksek seviyede tutabilirim? sorusunun cevabını, mutlaka göz önünde bulundurmalıdır.

Ürün seçiminde genel olarak göz önünde bulundurulacak faktörler genel olarak şöyledir;

1. Müşteri Talepleri: Günümüzün artan rekabet koşullarında, her çeşit iletişim araçlarının ve lojistiğin gelişmesi, ürün çeşitlerinin artması müşteri taleplerinin çeşitlenmesine sebep olmuştur. Bu durum üreticileri, ürün seçiminde müşteri taleplerini ve beklentilerini anlamak için daha yakın ilişkiler kurmaya, onlardan geri dönüşler almaya yönlendirmiştir. Müşterinin asıl taleplerini ve beklentilerini anlamak, müşteri memnuniyetinin tesis edilmesi için ön şarttır.

Ford Motor Company şirketinin kurucusu Henry Ford, 1903’de şirketini kurmadan evvel, insanlara ne istediklerini sormuş, onlardan daha hızlı atlar istiyoruz yanıtını almıştır. Müşterinin asıl beklentisinin bir yerden diğer bir yere daha hızlı gitmek olduğunu algıladığı için de otomobil şirketi kurmuştur. Aksi takdirde en kaliteli at yetiştiren bir hara kurmuş olurdu. Bu örnek müşteri taleplerini anlamamanın ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

2. Fiyat/Maliyet: Fiyat veya maliyet, hem üretici hem de müşteri açısından çok önemlidir. Üretici varlığını korumak ve sürdürmek için ürettiği ürünün maliyetini mümkün oldukça düşük tutmak zorundadır. Üretim maliyetlerinin mümkün oldukça düşürülmesi, işletmeler açısından büyüyebilmenin ve rekabetçi olabilmenin en önemli koşuludur. Ürün yaşam eğrisinin tamamını kapsayan etkin bir maliyet yönetimi üreticinin tercih edilmesinde en önemli etkenlerden birisi olacaktır.

Müşteri de ürün seçimi yaparken ürünün ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı fayda ile ürünün fiyatını karşılaştırır. Dolayısı ile fayda-maliyet analizi yaparak, tercihlerini yönlendirir.

3. Temin Süresi: Günümüzde zaman kavramının ne kadar önemli olduğu yadsınamayacak bir gerçektir. Artık tüketiciler mümkün oldukça kısa sürede temin edilebilir ürünleri tercih etmektedir. Bu bakımdan etkin bir planlama yönetimi ile daha kısa sürelerde temin edilebilirlik sağlanmalıdır.

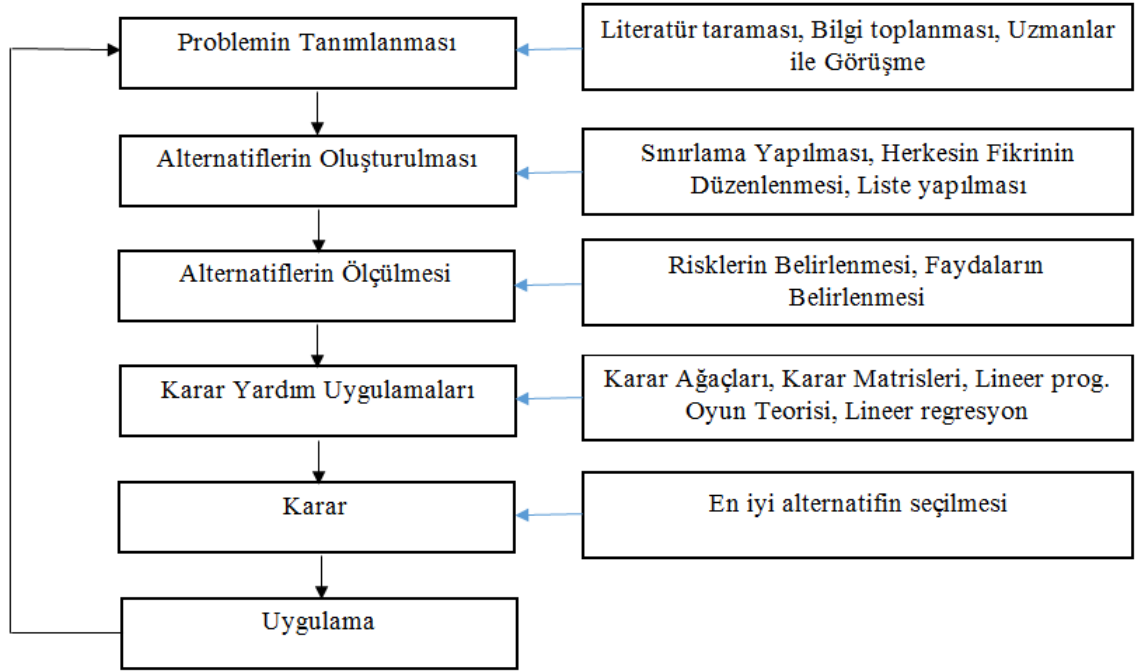
4. Kalite: Müşteri talep ve beklentilerini karşılayabilme derecesine kalite denilmektedir. Ayrıca işletmeler açısından belirlenen özelliklere uygunluk ve hatasız olma derecesini gösteren performans derecesidir. Üründen algılanan performans amaca uygunluğu karşılıyorsa iyi kaliteden, altında kalıyorsa düşük kaliteden, aşıyorsa yüksek kaliteden söz edilebilir. Algılanan performans ürünün müşteri için neleri yapabildiğidir. Bu bakımdan ürün seçiminde müşteri kaliteden vazgeçmeyecektir.

2.2. Çok Kriterli Karar Verme

2.2.1. Karar verme kavramı

Karar verme, zihinsel süreçlerin sonucunda, çeşitli alternatifler arasından birinin seçilmesi sürecidir. Her karar verme süreci, nihai bir karar ile sonuçlanır. Bu açıdan bakıldığında karar verme sürecini problem çözme süreci olarak da tanımlanabilir. Hayatta herkes, karşılaştıkları çeşitli durumlarda çeşitli kararlar almaktadır. Bu kararlar alınırken değerlendirilen alternatifler hakkında değerlendirme yapacak bütün bilgilere sahip olunursa, yanlış karar verme riski minimuma düşecektir. Ancak karar vermeyi etkileyen birçok faktör vardır ve bu faktörlerle ilgili bütün bilgilere ulaşmak mümkün değildir. Kısıtlı rasyonellik olarak da bilinen bu durum, elde edilebilecek en iyi bilgilerle karar verme işlemidir.

Karar verme süreci, çeşitli adımlardan meydana gelmektedir. Bu adımların her birinin eksiksiz bir şekilde uygulanarak takip edilmesi kararın başarısı açısından önemlidir. Şekil 2.3 Karar verme sürecini göstermektedir (Toksoy 2012).



Şekil 2.1. Karar verme süreci

1. Adım: Problemin Tanımlanması

Karar vermedeki ilk aşama, problemin tanımlanmasıdır. Problemin asıl sorunu tanımlanmadan çözülmeye kalkılmamalıdır, bu bakımdan problemin tanımlanması son derece önemlidir. Doğru tanımlanan bir problem, doğru sonuçların elde edilmesine sebep olur.

Problemin tanımlanmasında, ilgili alanda literatür taraması yapılmalıdır. Bununla beraber, problemle ilgili bilgilerin toplanması ve benzer problemlerde karar almış karar vericilerin fikirleri de alınabilir. Böylelikle karar verici için son derece net tanımlanmış bir problem elde edilir ki doğru sonuçlara ulaşabilmek için bu şarttır.

2. Adım: Alternatiflerin Oluşturulması

Fikirlerin akla gelir gelmez ortaya çıktığı, yaratıcı düşüncüyü destekleyen ve takım çalışmasını ortaya çıkaran araç “Beyin Fırtınası” ile karar vericiler mümkün oldukça fazla alternatif geliştirmelidir. Alternatif sayısı ne kadar çok olursa çözüm kümesi o kadar fazla olacağından, alınan karar o ölçüde de doğru olacaktır.

3. Adım: Alternatiflerin Ölçülmesi

Alternatiflerin ölçülmesi, her bir alternatifin olumlu ve olumsuz yanlarının değerlendirme sürecidir. Karar verici verilen kısıtlar ve bilgiler ışığında, alternatifler arasından en uygun olanını seçer.

En iyi alternatifin seçim sürecinde dört ölçek mevcuttur. Bunlar; risk derecesi, ekonomiklik, zamanlama ve kullanılacak kaynakların sınırlandırılmasıdır;

Risk derecesi:

Karar alma sürecinde beklenen kazançlara göre beklenen kayıpları da hesaplamak zorundadırlar. Bundan dolayı seçilecek alternatife ait risk değerlendirilmesi yapılması gerekir.

Ekonomiklik:

Seçim süreci mümkün olan en az çaba ve emek ile tamamlanarak en iyi alternatif seçilmelidir.

Zamanlama:

Karar verilecek sürecin önemi ve aciliyetine göre zamanlamaya dikkat edilmelidir.

Kaynakların sınırlandırılması:

Karar verme sürecinde en önemli kaynak insandır, bu sebepten dolayı verilmesi gereken karar en az insan ile yerine getirilmelidir.

4. Adım: Karar Yardım Uygulamaları:

Önceki dönemlerde uygulanan tek başına karar alma, günümüzde yerine grup kararlarına bırakmıştır. Grup kararları da artık bilimsel yöntemler kullanılarak sonuçlandırılmaktadır. Karar desteği olarak bilinen bu yöntemler, alınan kararın en iyi karar olma olasılığını maksimize etmektedir. Karar ağaçları, karar matrisleri, oyun teorisi, lineer regresyon ve matematiksel yöntemler bu aşamada problemin de yapısına uygun olacak şekilde değerlendirilebilir.

5. Adım: Karar

Karar aşaması, karar verme sürecinin en önemli aşamasıdır. Çünkü bu noktadan sonra alınacak karara göre uygulamaya geçilecektir. Fakat alınan kararlar gerekli durumlarda değiştirilebilir.

6. Adım: Uygulama

Karar verme sürecinin son aşaması uygulamadır. Bu aşamada alınan karar, uygulama da takip edilir. Beklenen sonuçlar ile uygulamadan elde edilen sonuçlar benzeşiyorsa karar başarılı demektir. Uygulama beklenen sonuçları vermediğinde ise, karar verici yeni bir karar alarak ya başka bir alternatifi seçer ya da tüm süreci baştan başlatır (Toksoy 2012).

2.2.2. Çok kriterli karar verme

Günümüzde karar verme, göz önünde bulundurulacak kriterlerin birbirlerine olan yakınlığı ve çelişmesi, değerlendirilecek alternatif sayısının artması dolayısı ile oldukça zor ve karmaşık bir hal almıştır. Bu bağlamda doğru karar verme günümüzün rekabetçi ortamında firmalar için hayati öneme sahiptir. Doğru ve geçerli kararlar alarak, pazar paylarını koruyan ve büyüyen firmalar, karar verme süreçlerinin sağlıklı ve doğru bir şekilde sürmesi için ÇKKV yaklaşımlarını kullanma yoluna gitmelidirler.

ÇKKV, karar vericinin en az iki kriter kullanarak önceden tanımlanmış ayrık durumdaki sayılabilir sonlu ya da süreç esnasında beliren sayılamaz sayıdaki seçenekten bir küme içinde yaptığı seçim işlemi olarak tanımlanabilir (Ersöz ve Kabak 2010). ÇKKV problemi, n boyutlu bir uzaydaki m adet noktalı geometrik bir sistem gibi n adet özelliğe göre m adet alternatifin değerlendirilmesidir (Baykasoğlu *et al.* 2013). ÇKKV, bu çalışmada ele alınan ürün seçimi probleminin yapısında da olduğu gibi, çok sayıda kriter ile değerlendirilen ve sıralanan problemler için sıklıkla başvurulacak güçlü bir araçtır.

ÇKKV yöntemleri ile seçme, sıralama ve sınıflandırma problemler üzerinde çalışılabilir. Karar verici, her problem tipinde farklı amaçlara göre hareket eder. Karar vericinin amacı seçme probleminde en iyi alternatifi bulmak, sıralama probleminde alternatifler amaca göre en iyiden en kötüye doğru sıralamak ve sınıflandırma probleminde ise alternatifleri sınıflara ayırmaktır.

ÇKKV'nin amacı, karmaşık ve bütünüyle algılaması güç konuları analiz etmek ve karar verme süreçlerini sistematik bir şekilde yürütmektir (Toksoy 2012). Bununla beraber karar vericileri ortak bir platformda müzakere etmelerini sağlayarak herkesin probleme dâhil olmasını sağlar.

ÇKKV, yöntemlerinde olmazsa olmaz üç eleman vardır. Bunlar;

- kriterler,
- alternatifler,
- kriterlere ait nispi önem ağırlıklarıdır.

Yani çözüm geliştirilecek konu ile ilgili alternatifler ve bu alternatiflerin değerlendirileceği kriterler belirlenir. Daha sonra bu kriterlere ait nispi önem dereceleri belirlenir. Son olarak bu önem derecelerine sahip tüm kriterlere göre alternatifler değerlendirilerek sonuca ulaşılır.

ÇKKV yöntemleri, Çok Amaçlı Karar Verme(ÇAKV) ve Çok Ölçütlü Karar Verme(ÇÖKV) olarak iki büyük kategoriye ayrılmaktadır (Hwang and Yoon 1981).

2.2.2.a. Çok amaçlı karar verme

“Çok amaçlı karar verme (Multiple objective decision making); alternatiflerin bir matematiksel programlama yapısı içerisinde dolaylı olarak tanımlandığı ve sonsuz sayıda olduğu sürekli durumlarda karar vermeye dayanır. ÇAKV yöntemleri matematiksel optimizasyon teknikleridir ve genellikle tasarım problemlerinin çözümünde kullanılır” (Ersöz ve Kabak 2010).

ÇAKV metotlarında optimum sonuç tüm amaç fonksiyonunu karşılayan çözümdür fakat amaçların birbirleri ile ilişkileri nedeni ile bu çözüme ulaşmak mümkün değildir. Dolayısı karar vericinin etkisi ile uzlaşık bir çözüm bulunur. ÇAKV metotlarının, amaçların ölçülmesi, iyi tanımlanmış kısıtların olması, birden fazla amaç fonksiyonuna sahip olması gibi ortak özellikleri mevcuttur. Dinamik programlama, çok amaçlı programlama, hedef programlama örnek olarak verilebilir.

2.2.2.b. Çok ölçütlü karar verme

“Çok ölçütlü karar verme (Multiple attribute decision making); sonlu sayıda seçeneğin seçilme, sıralanma, sınıflandırma, önceliklendirme veya elenme amacıyla genellikle ağırlıklandırılmış, birbirleri ile çelişen ve aynı ölçü birimini kullanmayan hatta bazıları nitel değerler alan çok sayıda ölçüt kullanılarak değerlendirilmesi işlemidir” (Ersöz ve Kabak 2010).

ÇÖKV problemlerinde kriterler aynı ölçeklerle tanımlanmış olmayabilir. Örneğin okul seçiminde eve olan uzaklık kriteri kilometre ile ifade edilirken, eğitim durumunu ifade eden kriter dilsel değişkenlerle (çok iyi, iyi, orta... vb) ifade edilebilir.

Matematiksel model gerektirmeyebilir. AHP (Analytical Hierarchy Process), ANP (Analytical Network Process), TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), VIKOR, ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English), PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation), MOORA (Multi-Objective Optimization By Ratio Analysis), DEMATEL gibi puanlama gerektiren yöntemler bu grupta sayılabilir.

Çizelge 2.1’de bu iki sınıfa ait problemlerin özellikleri karşılaştırılmıştır (Ersöz ve Kabak 2010).

Çizelge 2.1. ÇÖKV-ÇAKV karşılaştırma çizelgesi

	Çok Amaçlı Karar Verme	Çok Ölçütlü Karar Verme
Kriterlerin Tanımlanması	Amaçlar tarafından	Nitelikler tarafından
Amaçların Tanımlanması	Açık/Belirgin olarak	Örtük olarak
Niteliklerin Tanımlanması	Örtük olarak	Açık/Belirgin olarak
Kısıtlılıklar	Aktif	Aktif değil(Niteliklere dahil edilmiş)
Alternatifler	Sonsuz sayıda, sürekli	Sonlu sayıda,ayrık
Karar Verici ile Etkileşim	Çoğunlukla	Çok fazla değil
Kullanım Amacı	Tasarım	Seçim/Değerlendirme

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada ürün seçim probleminin yapısına uygun bir çözüm getirmek için yeni bir bulanık bütünleşik ÇKKV-(0-1) Hedef Programlama(HP) yaklaşımı kullanılmıştır. Bulanık bütünleşik ÇKKV metodu bulanık DEMATEL, bulanık VIKOR&GİA yöntemlerinin bütünleştirilmesinden oluşturulmuştur. Oluşturulan ÇKKV metodunda yerel optimum çözümler sunmaktadır, dolayısı ile global optimum çözüm için modelden alınan verilerle birlikte geliştirilmiş olan 0-1 HP yöntemi kullanılmıştır. Bu bölümde sırası ile bulanık mantık, bulanık DEMATEL, bulanık VIKOR, bulanık GİA, bulanık VIKOR&GİA ve 0-1 HP yöntemleri ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

3.1. Bulanık Mantık

Bulanık Mantık kavramı, ilk kez 1965'te Prof. Dr. L. Zadeh'in makalesiyle duyulmuştur. Klasik mantığın tamamen doğru ve tamamen yanlış anlayışının aksine doğruluk değerleri arasında "kısmen doğru" kavramının da yer aldığı klasik küme gösteriminin genişletilmesidir. Çok net olmayan mantığa dayalı önermelerin, mantık süzgecinden geçirilerek incelenmesinin yapıldığı bir yöntem olarak tanımlanabilmektedir (Zimmermann 1987).

"Günlük hayatımızda karşılaştığımız birçok olayı veya sorunu kendi kişisel değer yargılarımız doğrultusundaki düşüncelerimizle inceler ve yorumlarız. Örneğin, "hava sıcak" denildiğinde birçok kişi kesinlikle hava kelimesinin günlük hayattaki kullanımını anlamaktadır ancak "sıcak" kelimesinin ifade ettiği anlam göreceli olarak birbirinden farklı olabilmektedir. Erzurum'da bulunan bir kişinin sıcak için 25°C algılamasına karşın, Şanlıurfa civarındaki bir kişi için bu 35°C olabilir. Arada bulunan birçok kişinin görüşü olarak başka dereceler de olduğu söylenebilmektedir. Bu yüzden "sıcak" kelimesinin altında insanların ima ettiği sayısal anlayışın bir sonucu olarak belirsiz bir durum ortaya çıkar. Bu rastgele değildir ancak belirsizdir. İşte bu şekilde kelimelerin

ima ettikleri belirsizliklere bulanıklık (fuzzy) denir” (Şen 2004). Bulanık mantığın ilk uygulaması 1973’de buhar makinesinin denetiminde Mamdani tarafından yapılmıştır.

Küme olarak anlatmak istersek, klasik yaklaşımda bir varlık ya kümenin elemanıdır ya da değildir. Söz konusu varlık, kümenin elemanı ise “1” değerini, elemanı değil ise “0” değerini almaktadır. Bulanık mantık ise klasik kümeyi kapsayan bir yöntem ve genişletilmiş hali olduğundan dolayı bulanık varlık kümesinde her bir varlığın bir üyelik derecesi olup, bu derece 0 ile 1 aralığında değişmektedir. Bu değişkenlik, belirsiz ve kesin olmayan olaylardan elde edilen bilgileri, tutarlı ve doğru kararlar vermeyi sağlayan düşünce ve karar mekanizmalarına dönüştürmektedir.

Bulanık mantığın genel özellikleri Zadeh’e göre şu şekildedir (Şen 2004);

- “Bulanık mantık, kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanır.
- Bulanık mantıkta her şey $[0, 1]$ aralığında belirli bir derece ile gösterilir.
- Bulanık bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şekillendirilir.
- Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır:
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur.
- Bulanık mantık tam olarak bilinmeyen veya eksik girilen bilgilere göre işlem yapma yeteneğine sahiptir”.

3.1.1. Bulanık küme teorisi ve üyelik fonksiyonları

Klasik kümelerdeki elemandır veya değildir ifadesi yerine, bulanık kümelerde şu kadar elemandır veya şu kadar eleman değildir ifadeleri yer alır. Dolayısı ile bulanık küme teorisini ortaya koyan Zadeh, insan düşüncesini sayısal değil dilsel ifadelerle ifade edilmesini, kesinlik içermeyen problemlerin bu şekilde çözülebileceğini ifade etmiştir.

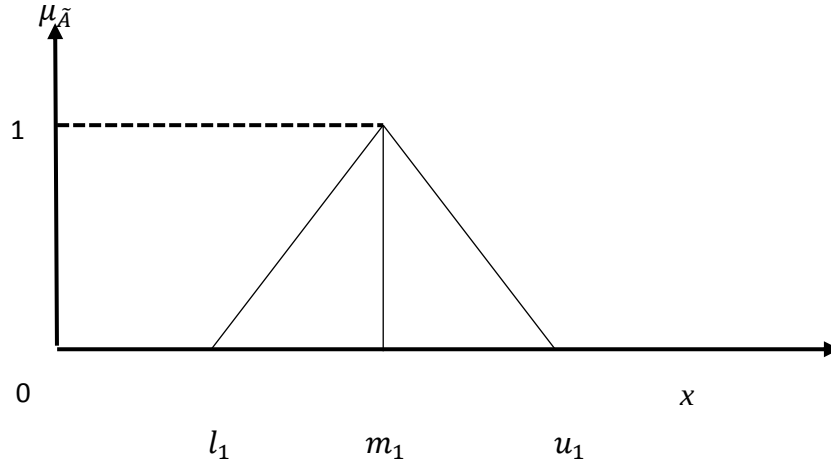
Bulanık küme teorisinde ifade edilen dilsel değişkenler bulanık üyelik fonksiyonları ve dolayısı ile bulanık sayılarla ifade edilir.

Bulanık bir A kümesi için kümeye ait her bir elemanın $[0,1]$ aralığında bir değer aldığını kabul ettiğimizde, $\mu_{\tilde{A}}(x) \rightarrow [0,1]$ şeklinde tanımlanır. Bu üyelik değeri x 'in $\tilde{A}$ kümesine aitlik derecesini gösterir. Bulanık sayılar dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı sürekli üyelik fonksiyonları olan bir bulanık küme olarak tanımlanır.(Zimmermann 1991). Kullanımına göre üyelik fonksiyonları üçgen, yamuk, çan eğrisi vb. şeklinde olmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında üçgen üyelik fonksiyonlardan ve dolayısı ile üçgen bulanık sayılardan faydalanılmıştır.

Bir bulanık küme üzerinde üçgen tipte bir üyelik fonksiyonu tanımlanabilmesi için, aşağıdaki işlemlerin uygulanması gerekir.

$\tilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$, üçgen bulanık sayı olmak üzere,

$$\mu_{\tilde{A}_1}(x; l_1, m_1, u_1) = \begin{cases} 0, & x < l_1 \\ (x-l_1)/(m_1-l_1), & l_1 \leq x \leq m_1 \\ (u_1-x)/(u_1-m_1), & m_1 \leq x \leq u_1 \\ 0, & x > u_1 \end{cases} \quad (3.1)$$



Şekil 3.1. Üçgen üyelik fonksiyonu

3.1.2. Bulanık sayılarda aritmetik işlemler

$\widetilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\widetilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgen bulanık sayı olmak üzere, bu bulanık sayılar arasında aşağıdaki aritmetik işlemler yapılabilmektedir.

Toplama İşlemi: $\widetilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\widetilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgen bulanık sayı olmak üzere, bu iki bulanık sayının toplamı,

$\widetilde{A}_1 \oplus \widetilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \oplus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$ şeklinde ifade edilir.

Çıkarma İşlemi: $\widetilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\widetilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgen bulanık sayı olmak üzere, bu iki bulanık sayının farkı,

$\widetilde{A}_1 \ominus \widetilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \ominus (l_2, m_2, u_2) = (l_1 - l_2, m_1 - m_2, u_1 - u_2)$ şeklinde ifade edilir.

Çarpma İşlemi: $\widetilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\widetilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgen bulanık sayı olmak üzere, bu iki bulanık sayının çarpımı,

$\widetilde{A}_1 \otimes \widetilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \otimes (l_2, m_2, u_2) = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$ şeklinde ifade edilir.

Bölme İşlemi: $\widetilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\widetilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgen bulanık sayı olmak üzere, bu iki bulanık sayının bölümü,

$\widetilde{A}_1 \oslash \widetilde{A}_2 = (l_1, m_1, u_1) \oslash (l_2, m_2, u_2) = (l_1 \oslash u_2, m_1 \oslash m_2, u_1 \oslash l_2)$ şeklinde ifade edilir ve sadece pozitif reel sayılar için tanımlıdır.

Eşitlik İlkesi: $\widetilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\widetilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgen bulanık sayı olmak üzere, bu sayıların eşitliği karşılıklı bütün elemanlarının eşitliği anlamına gelir. Matematiksel olarak şöyle ifade edilir;

$\widetilde{A}_1 = \widetilde{A}_2$ ise $(l_1, m_1, u_1) = (l_2, m_2, u_2)$ yani $(l_1 = l_2, m_1 = m_2, u_1 = u_2)$ 'dir.

Simetriklik İlkesi: $\widetilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ bir bulanık sayı olmak üzere, bu sayının simetriği

$-\widetilde{A}_1 = (-l_1, -m_1, -u_1)$ şeklinde ifade edilir.

Durulaştırma: Bulanık kümelerle yapılan işlemlerde bilinenlerin aksine değişik üyelik fonksiyon grafikleri meydana gelmektedir. Bulanık Sistemler çıktısı olarak da bulanık bir çıktı kümesi verir. Mühendislik çalışmalarında ise kesin bir değere ihtiyaç vardır. Bu sebepten dolayı çeşitli durulaştırma yöntemleri geliştirilmiştir. Bulanık sayılarda durulaştırma bulanık sayının kesin ve tek bir değere dönüştürülmesi işlemidir.

Bu çalışmada durulaştırma işlemi, Baykasoğlu (2013) tarafından önerilen (3.2) şekliyle kullanılmıştır.

$$s(\tilde{x}_{ij}, 0) = 1/4(x_{ij,l} + 2x_{ij,m} + x_{ij,u}) \quad (3.2)$$

3.2. Bulanık DEMATEL

DEMATEL Metodu; Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü, tarafından geliştirilen ÇKKV metotlarından birisidir. Yöntem özellikle karmaşık yapıdaki problemlerdeki yapısal ilişkilerin kavranılması, etkilenen ve etkileyen etmenleri belirlemek için kullanılmaktadır (Gabus and Fontela 1973; Fontela and Gabus 1976). Graf teori temelli olan DEMATEL yönteminin en büyük avantajı, sebep-sonuç modeli içeren, kriterler arasındaki yapı ve ilişkileri incelemesidir (Tseng and Lin 2009). DEMATEL yöntemi grup kararı alınmasına yardımcı olan güçlü bir yöntemdir. Bu yöntem yapısal bir model oluşturabilen, alt-sistemlere ait nedensel ilişkileri bir şema üzerinde görselleştirebilen güçlü bir yöntemdir (Wu and Lee 2007).

DEMATEL yönteminde kriterler iki grupta incelenmektedir ki bunlar etkilenen ve etkileyen grubudur. Etmenlerin hangilerinin etkileyen ve hangilerinin etkilenen olduğunun bulunması, ele alınan karmaşık problemlerin çözümünde önemli bir aşamadır. Bu nedenle karmaşık yapıda gerçekleşen olaylar için etkilenen ve etkileyen etmenleri belirlemek için DEMATEL sıklıkla kullanılan bir yöntemdir.(Baykasoglu *et al.* 2013)

Bulanık DEMATEL yöntemi, DEMATEL'in bulanık küme teorisinden faydalanılarak geliştirilmiş olan bir türüdür. Bu çalışma da ele alınan ürün seçim problemine ait kriterler, Dalalah (2011) tarafından yapılan çalışmada önerilen bulanık DEMATEL yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bulanık DEMATEL yönteminin uygulama adımları aşağıdaki gibidir (Lin and Wu 2008; Dalalah *et al.* 2011);

1.Adım: Probleme ait Kriterlerin ve Bulanık Skalanın Belirlenmesi;

Bu adımda ele alınacak probleme ait kriterler oluşturulan karar verme ekibi tarafından belirlenir. Bu kriterlerin birbirlerini ne derecede etkilediğini belirlemek için kriterler arasında ikili karşılaştırmaların yapılması gerekmektedir. Bu değerlendirmeyi yapabilmek için de dilsel değişkenler ve bu değişkenleri temsil eden bulanık skala oluşturulur. Bu çalışmada kullanılan dilsel terimler üçgensel bulanık sayılarla ifade edilmiştir. Bu skala Çizelge 3.1’de verilmiştir (Chen 2012).

Çizelge 3.1. Dilsel değişkenler ve bulanık değerleri

Dilsel Değişken	Bulanık Değer
Aşırı Önemli/Tercih Sebebi(AÖ)	7,9,9
Çok Önemli/Tercih Sebebi(ÇÖ)	5,7,9
Önemli/Tercih Sebebi(Ö)	3,5,7
Az Önemli/Tercih Sebebi(AzÖ)	1,3,5
Eşit Önemli/Tercih Sebebi(EÖ)	1,1,3

2. Adım: Direkt ilişki matrisinin oluşturulması

Karar verme ekibindeki her uzman dilsel ifadeleri kullanarak kriterleri $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ ikili karşılaştırma matrisleri oluşturarak değerlendirirler. Karar verme ekibinde x tane uzman varsa, x tane karar matrisi elde edilir. Bulanık direkt ilişki matrisi $\tilde{Z}$ olarak gösterilir.

$\tilde{Z}_{ij}^{(k)} = (z_{ij,l}^{(k)}, z_{ij,m}^{(k)}, z_{ij,u}^{(k)})$ üçgensel bulanık sayısı k. karar verici uzmana ait dilsel bir terim olup, i.faktörün j. faktörü etkileme düzeyini göstermektedir.

3. Adım: Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisinin oluşturulması

$$\tilde{X}^{(k)} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11}^{(k)} & \tilde{x}_{12}^{(k)} & \dots & \tilde{x}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{x}_{21}^{(k)} & \tilde{x}_{22}^{(k)} & \dots & \tilde{x}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1}^{(k)} & \tilde{x}_{n2}^{(k)} & \dots & \tilde{x}_{nn}^{(k)} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

k. karar verici uzmana ait normalleştirilmiş direk ilişki matrisi $\tilde{X}^k$ (eşitlik 3.3) olmak üzere;

$$\tilde{x}_{ij}^{(k)} = \frac{\tilde{z}_{ij}^{(k)}}{\tilde{R}^{(k)}} = \left(\frac{\tilde{z}_{ij,l}^{(k)}}{r_l^{(k)}}, \frac{\tilde{z}_{ij,m}^{(k)}}{r_m^{(k)}}, \frac{\tilde{z}_{ij,u}^{(k)}}{r_u^{(k)}} \right) \quad (3.4)$$

$$\tilde{R}^{(k)} = (r_l^{(k)}, r_m^{(k)}, r_u^{(k)}) \quad (3.5)$$

$$r_s^{(k)} = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n \tilde{z}_{ij,s}^{(k)} \right) \quad s=l,m,u \quad (3.6)$$

3.4, 3.5 ve 3.6 eşitlikleri kullanılarak elde edilir.

4. Adım: Toplam ilişki matrisinin elde edilmesi

Normalleştirilmiş ilişki matrisi elde edildikten sonra eşitlik 3.7 kullanılarak toplam ilişki matrisi elde edilir.

$$\tilde{T} = \lim_{w \rightarrow \infty} (\tilde{X} + \tilde{X}^2 + \dots + \tilde{X}^w) = \tilde{X}(I - \tilde{X})^{-1} \quad (3.7)$$

Bütün matrise bunu uygulamak zor olacağından üçgensel bulanık sayılardan ilki yani “l” ayrı bir matris, ikincisi “m” ayrı bir matris, sonuncusu “u” ayrı bir matris olarak ele alınır. Bu üç matris önce birim matrsten çıkarılır; sonra çıkan matrisin tersi alınır ve

matrisin ilk haliyle çarpılır. Bu işlem üçü içinde tekrar edildikten sonra bulunan sonuçlar birleştirilir ve üçgensel bulanık sayılardan oluşan “ $\tilde{T}$ ” ile gösterilen tek bir toplam ilişki matrisi elde edilir.

$$\tilde{T} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{11} & \tilde{t}_{12} & \dots & \tilde{t}_{1n} \\ \tilde{t}_{21} & \tilde{t}_{22} & \dots & \tilde{t}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \tilde{t}_{n2} & \dots & \tilde{t}_{nn} \end{bmatrix}$$

5. Adım: Etkilenen ve Etkileyen gruplarının belirlenmesi

Toplam ilişki matrisi “ $\tilde{T}$ ” elde edildikten sonra, bu matrisin sütun elemanlarının toplamı $\tilde{D}_i$ ve satır elemanlarının toplamı $\tilde{R}_i$, aşağıdaki eşitlik 3.8 ve eşitlik 3.9 kullanılarak elde edilir;

$$\tilde{D}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{t}_{ij} \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.8)$$

$$\tilde{R}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{t}_{ij} \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.9)$$

$\tilde{D}_i$ ve $\tilde{R}_i$ matrisleri bulanık sayılardan oluşan matrislerdir, dolayısı ile bu matrislerden bulanıklığın giderilmesi için durulaştırma işlemi yapılır. Bu işlem eşitlik 3.2’de bulunan durulaştırma formülünden faydalanılarak yapılır.

Durulaştırma yapılarak $\tilde{D}_i^{def}$ ve $\tilde{R}_i^{def}$ sonuçları elde edilir. Her kriter için satır ve sütun toplamı gönderilen ve alınan toplam etki değeri, “Önem” olarak $(\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def})$ adlandırılırken, i kriterinin sisteme yaptığı net etki, “ilişki” olarak $(\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def})$ adlandırılmaktadır. Bu değerin pozitif olması net i kriterinin etkileyen, negatif olması etkilenen olduğunu ifade eder. $(\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def})$ değeri i kriterinin toplam sistem içindeki derecesini göstermektedir (Çınar 2013).

6. Adım: Ağırlıkların Bulunması

Herhangi bir kriterin önem önceliği Dalalah (2011) tarafından yapılan çalışmasında önerdiği eşitlik 3.10 ve eşitlik 3.11 ile belirlenmiştir.

$$\omega_j = \left\{ (\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def})^2 + (\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def})^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.10)$$

$$w_i = \frac{\omega_i}{\max_{1 \leq i \leq n} (\omega_i)} \quad (3.11)$$

3.3. Bulanık VIKOR

VIKOR yöntemi Opricovic (1998) tarafından geliştirilen karar vericilerin tercihlerini belirleyememesi veya bilmemesi durumunda karar vermeye yardımcı olmak maksadıyla geliştirilmiş bir ÇKKV yöntemidir (Opricovic and Tzeng 2007).

Yöntemin amacı, maksimum grup faydası ve minimum bireysel pişmanlığı sağlayacak uzlaşık bir çözüm bulmaktır. Uzlaşık çözüm, ideale en yakın olan “uygulanabilir çözüm” olarak açıklanabilir. Uzlaşık çok kriterli çözüm, uzlaşık programlamada toplama fonksiyonu olarak kullanılan L_p ölçeğinden yararlanılarak geliştirilmiştir. i tane alternatifin j tane kritere göre ölçümü f_{ij} , kriter ağırlıkları ise w_j ile gösterildiğinde L_{pi} ölçeğinin denklemi eşitlik 3.12’de gösterildiği gibi ifade edilmektedir.

$$L_{pi} = \left\{ \sum_{j=1}^n \left[\frac{w_j(f_i^* - f_{ij})}{f_i^* - f_i^-} \right]^p \right\}^{1/p}, \quad 1 \leq p \leq \infty; j=1,2,\dots,j. \quad (3.12)$$

Temeli bulanık mantık ve VIKOR yöntemlerine dayanan bulanık VIKOR yöntemi, bulanık çok kriterli karar verme problemlerinde en iyi çözüm ve uzlaşık çözümü bulabilmek için geliştirilmiştir.

Bulanık VIKOR yönteminin uygulama adımları aşağıdaki gibidir (Kuo and Liang 2010);

1. Adım: Probleme ait kriterlerin ve bulanık skalanın belirlenmesi;

Öncelikle problemin çözümü için p tane karar verici uzman tarafından problemin çözümünde kullanılacak olan n adet alternatif, kriter ve dilsel değişkenler ile bu dilsel değişkenlerin karşılıkları olan bulanık sayılardan oluşan bulanık skala belirlenir.

2. Adım: Karar vericilerin değerlendirmelerinin birleştirilmesi;

Karar vericilerin her bir niteliğin önem ağırlığı için j niteliğine göre ve i 'inci alternatifteki her bir alternatifin oranı için değerlendirmeleri eşitlik 3.13 ile hesaplanır.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^p \tilde{x}_{ij}^{(k)}}{p} \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.13)$$

3.Adım: Bulanık karar matrisinin oluşturulması;

Bulanık karar matrisi adım 2'de elde edilen $\tilde{x}_{ij}$ değerleri kullanılarak aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_m \\ \tilde{D} = & \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1m} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{x}_{nm} \end{bmatrix} & , & j=1,2,\dots,m \quad i=1,2,\dots,n \end{matrix} \quad (3.14)$$

Burada $\tilde{x}_{ij}$, C_j niteliğine göre A_i alternatifinin önem derecesini göstermektedir.

4. Adım: Bulanık en iyi ve bulanık en kötü değerlerin belirlenmesi

Bulanık en iyi $\widetilde{f}_j^*$ değeri her bir nitelik için alternatiflerin sahip olduğu en büyük değeri ifade ederken, bulanık en kötü $\widetilde{f}_j^-$ değeri her bir nitelik için alternatiflerin sahip olduğu en küçük değeri ifade eder.

$$\widetilde{f}_j^* = \max_i \widetilde{x}_{ij}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad \widetilde{f}_j^- = \min_i \widetilde{x}_{ij}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (3.15)$$

5. Adım: $\widetilde{S}_i$ ve $\widetilde{R}_i$ değerlerinin hesaplanması

$\widetilde{S}_i$ ve $\widetilde{R}_i$ değerleri eşitlik 3.16 ve 3.17 yardımıyla hesaplanır.

$$\widetilde{S}_i = \sum_{j=1}^n w_j (\widetilde{f}_j^* - \widetilde{x}_{ij}) / (\widetilde{f}_j^* - \widetilde{f}_j^-), \quad (3.16)$$

$$\widetilde{R}_i = \max_j [w_j (\widetilde{f}_j^* - \widetilde{x}_{ij}) / (\widetilde{f}_j^* - \widetilde{f}_j^-)], \quad (3.17)$$

$\widetilde{S}_i$, A_i alternatifi için nitelik değerlerinin bulanık en iyi değere olan uzaklıklarının toplamıdır. $\widetilde{R}_i$ ise j 'inci kritere göre A_i alternatifinin bulanık en kötü değere olan en büyük uzaklığıdır.

Bu değerlerin hesaplanmasından sonra $\widetilde{S}^*$, $\widetilde{S}^-$, $\widetilde{R}^*$, $\widetilde{R}^-$ ve $\widetilde{Q}_i$ değerleri hesaplanır (Eşitlik 3.18-3.20).

$$\widetilde{S}^* = \min \widetilde{S}_i \quad \widetilde{S}^- = \max \widetilde{S}_i \quad (3.18)$$

$$\widetilde{R}^* = \min \widetilde{R}_i \quad \widetilde{R}^- = \max \widetilde{R}_i \quad (3.19)$$

$$\widetilde{Q}_i = v \left[\frac{\widetilde{S}^* - \widetilde{S}_i}{\widetilde{S}^* - \widetilde{S}^-} \right] + (1 - v) \left[\frac{\widetilde{R}_i - \widetilde{R}^*}{\widetilde{R}^- - \widetilde{R}^*} \right] \quad (3.20)$$

$\tilde{S}^*$ maksimum grup faydasını, $\tilde{R}^*$ karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığını ifade etmektedir. $\tilde{Q}_i$ indeksi grup faydasının ve minimum pişmanlığın birlikte değerlendirilmesiyle hesaplanır. v değeri maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını ifade eder. v 'nin aldığı farklı değerler uzlaşık sonuca etki etmektedir. Bu değer 0,5'e eşit olduğunda "uzlaşma", 0,5'den büyük olduğunda "çoğunluk oyu", 0,5'den küçük olduğunda "veto" anlamına gelmektedir.

6. Adım: Durulaştırma

Bulanık sayı olan $\tilde{Q}_i$ durulaştırılır ve $\tilde{Q}_i$ indeksi elde edilir. Farklı durulaştırma yöntemleri vardır. Örnek olarak ağırlıklı ortalama bulanık sayılarda aritmetik işlemler bölümünde yer alan eşitlik 3.2 ile yapılabilir.

$\tilde{Q}_i$ indeksine göre alternatifler sıralanır ve en küçük alternatif en uygun olarak seçilir.

7. Adım: Uzlaşık Çözümün Belirlenmesi

Belirlenen en iyi alternatifin uzlaşık çözüm olup olmadığını kontrol etmek için aşağıdaki şartların uygunluğu kontrol edilir.

1. Koşul: Kabul Edilebilir Avantaj: $\tilde{Q}_i$ indeksine göre ilk iki sıradaki alternatiflerin sıralamadaki yerleri a^1 ve a^2 olmak üzere,

$$Q(a^2) - Q(a^1) \geq DQ \quad (3.22)$$

$$DQ = 1/(m-1) \text{ eğer } m \leq 4 \text{ ise } DQ = 0.25 \quad (3.23)$$

m alternatif sayısını ifade etmek üzere eşitlik 3.22 ve eşitlik 3.23'e göre $DQ=0.25$ olmalıdır

2. Koşul: Karar vermede kararlılık: S ve/veya R değerine göre yapılan sıralamada birinci sıradaki alternatif en iyi olmalıdır.

Eğer koşul 1 sağlanmazsa ve $Q(a^m) - Q(a^l) < DQ$ olursa a^m ve a^l aynı uzlaştırıcı çözüm olur. Eğer koşul 2 sağlanmazsa, karar vermede tutarsızlık olur.

3.4. Bulanık Gri İlişkisel Analiz

İlk defa 1982 yılında Prof. Julong Deng tarafından ortaya atılan “Gri Sistem Teorisi”nin altında yer alan Gri İlişkisel Analiz (GİA) (Deng 1989; Deng 2002), bir sınıflandırma derecelendirme ve karar verme yöntemidir. GİA yönteminin amacı, karmaşık ilişkilerin yer aldığı bir sistemde yer alan faktörler arasındaki matematiksel ilişkileri, gözlem verilerine dayalı olarak ortaya çıkarmaktır.

GİA, çok kriterli karar problemlerindeki belirsizlikleri analiz etmek amacıyla kullanılan yöntemlerden biri olup, belirsizliğin söz konusu olduğu durumlarda diğer matematiksel analiz yöntemlerine oranla daha kolay çözüm sunar. Belirsizliğin daha yüksek olduğu durumlarda sınırlı sayıda veri ile daha kolay ve başarılı sonuçlar sunduğu için GİA tercih edilmektedir (Feng and Wang 2000).

Bulanık GİA, bulanık küme teorisi ve bulanık mantıktan faydalananarak GİA’nın değiştirilmiş bir formudur.

3.4.1. Bulanık gri ilişkisel analiz yönteminin adımları

Bulanık GİA yönteminin uygulama adımları aşağıdaki gibidir (Kuo and Liang 2010);

1. Adım: Karar matrisinin oluşturulması

Öncelikle alternatiflerin ve kriterlerin değerlendirildiği karar matrisi oluşturulur.(Eşitlik 3.24)

$$\begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & \dots & C_m \\ \tilde{D} = & \begin{bmatrix} A_1 & \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1m} \\ A_2 & \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_n & \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{x}_{nm} \end{bmatrix} & , & j=1,2,\dots,m \quad i=1,2,\dots,n \end{array} \quad (3.24)$$

2. Adım: Karar matrisinin normalize edilmesi

İlk adımda oluşturulan karar matrisi eğer matris bir fayda matrisi ise eşitlik 3.25, eğer bir maliyet matrisi ise eşitlik 3.26'daki gibi kullanılarak normalize karar matrisi $\tilde{R}$ elde edilir.

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max(x_{ij})}, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n, \text{ for } j \in I, \quad (3.25)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \frac{\min(x_{ij})}{x_{ij}}, i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n, \text{ for } j \in J. \quad (3.26)$$

3. Adım: Referans serilerin belirlenmesi

Referans seri ($\tilde{r}_{0j}$) normalize karar matrisinde yer alan en iyi değerin belirlenmesi işlemidir (Eşitlik 3.27).

$$\tilde{R}_0 = [\tilde{r}_{01}, \tilde{r}_{02}, \tilde{r}_{03}, \dots, \tilde{r}_{0n}] \text{ olmak üzere, } \tilde{r}_{0j} = \max_j \tilde{r}_{ij}, \quad i=1,2,\dots,n. \quad (3.27)$$

4. Adım: Uzaklık matrisinin hesaplanması

Referans değerler belirlendikten sonra uzaklık matrisi hesaplanır. Referans değerler ile her bir karşılaştırma değerleri arasındaki uzaklıklar eşitlik 3.28 kullanılarak elde edilir.

$$\delta_{ij}=|r_{0j}-r_{ij}| \quad (3.28)$$

$$\Delta = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \cdots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \cdots & \delta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \delta_{m1} & \delta_{m2} & \cdots & \delta_{mn} \end{bmatrix}$$

5. Adım: Gri ilişkisel katsayıların belirlenmesi

Uzaklık matrisi hesaplandıktan sonra eşitlik 3.29 kullanılarak gri ilişkisel katsayılar (ξ_{ij}) hesaplanır ve gri ilişkisel katsayı matrisi oluşturulur.

$$\xi_{ij} = \frac{\delta_{min} + \zeta \delta_{max}}{\delta_{ij} + \zeta \delta_{max}}, \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n. \quad (3.29)$$

Eşitlikte kullanılan ζ ayırıcı katsayıdır ve $[0,1]$ aralığında değer almaktadır.

6. Adım: Gri ilişki derecelerinin hesaplanması

Gri ilişkisel katsayı matrisinin hesaplanmasından sonra gri ilişki dereceleri ($\mathbb{Q}_i$) eşitlik 3.30 kullanılarak hesaplanır.

$$\mathbb{Q}_i = \sum_{j=1}^n w_j \xi_{ij}, \quad i=1,2,\dots,m. \quad (3.30)$$

w_j , kriter ağırlıklarını belirtmektedir. Gri ilişki dereceleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve en büyük değere sahip alternatif en iyi olarak seçilir.

3.5. Bulanık VIKOR&GİA

Bulanık VIKOR&GİA çalışmada Kuo and Liang (2010) tarafından yapılan çalışmadaki şekliyle ele alınmıştır. Bu bakımdan öncelikle bulanık VIKOR ve bulanık GİA ile ilgili bilgiler verilmiştir. Önerilen bulanık VIKOR&GİA metodunun uygulama aşamaları şu şekildedir.

1. Adım: Bulanık karar matrisinin oluşturulması;

m alternatifi ve n kriteri olan bir ÇKKV probleminde ilk adım bulanık karar matrisini oluşturmaktır. Bunu yapmak için öncelikle eşitlik 3.13 kullanılarak karar verici uzman kişilerin değerlendirmelerinin ortalamaları alınır. $\tilde{D}$, bulanık karar matrisi oluşturulur.

$$\begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_m \\ \tilde{D} = & \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1m} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \dots & \tilde{x}_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad j=1,2,\dots,m \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.31)$$

Burada $\tilde{x}_{ij}^{(k)} = (x_{ij,l}^{(k)}, x_{ij,m}^{(k)}, x_{ij,u}^{(k)})$ C_j niteliğine göre A_i alternatifinin önem derecesini göstermektedir.

2. Adım: Bulanık karar matrisinin normalize edilmesi

İlk adımda oluşturulan bulanık karar matrisi eğer matris bir fayda matrisi ise eşitlik 3.25, eğer bir maliyet matrisi ise eşitlik 3.26'daki gibi kullanılarak normalize karar matrisi $\tilde{R}$ elde edilir.

3.Adım: Bulanık en iyi ve bulanık en kötü değerlerin belirlenmesi

Normalize edilen matristen bulanık en iyi ve en kötü referans değerleri belirlenir (Eşitlik 3.32).

$$A^* = [\tilde{r}_{01}^*, \tilde{r}_{02}^*, \dots, \tilde{r}_{0n}^*], \tilde{r}_{0j}^* = \max_i (\tilde{r}_{ij}) \text{ and}$$

$$A^- = [\tilde{r}_{01}^-, \tilde{r}_{02}^-, \dots, \tilde{r}_{0n}^-] \tilde{r}_{0j}^* = \min_i (\tilde{r}_{ij}) j=1, 2, \dots, n. \quad (3.32)$$

4. Adım: Ağırlıklandırılmış bulanık pozitif ve negatif gri ilişkisel katsayıların belirlenmesi

En iyi ve en kötü referans değerlerinin belirlenmesinden sonra eşitlik 3.33 kullanılarak ağırlıklandırılmış gri ilişkisel katsayılar belirlenir. Belirlenen bu katsayılardan hem pozitif ve hem negatif gri ilişkisel katsayı matrisleri oluşturulur.

$$\tilde{\mathbb{Q}}(\tilde{r}_{0j}^*, \tilde{r}_{ij}) = w_i \left(\frac{\min_i \min_j (\tilde{r}_{0j}^*, \tilde{r}_{ij}) + \zeta \max_i \max_j (\tilde{r}_{0j}^*, \tilde{r}_{ij})}{d(\tilde{r}_{0j}^*, \tilde{r}_{ij}) + \zeta \max_i \max_j (\tilde{r}_{0j}^*, \tilde{r}_{ij})} \right) \quad (3.33)$$

Eşitlik 3.34'de yer alan w_i kriter ağırlıklarının belirtmektedir.

$$w_i \geq 0, \sum_{j=1}^n w_i = 1 \quad (3.34)$$

5.Adım: $\tilde{S}_i$ ve $\tilde{R}_i$ değerlerinin hesaplanması

$\tilde{S}_i$ ve $\tilde{R}_i$ değerleri eşitlik 3.35 ve 3.36 yardımıyla hesaplanır.

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{\mathbb{Q}}(\tilde{r}_{0j}^*, \tilde{r}_{ij}) \quad (3.35)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j \mathbb{I}(\tilde{r}_{0j}^-, \tilde{r}_{ij}), \quad (3.36)$$

Bu değerlerin hesaplanmasından sonra $\tilde{S}^*$, $\tilde{S}^-$, $\tilde{R}^*$, $\tilde{R}^-$ ve $\tilde{Q}_i$ değerleri hesaplanır (Eşitlik 3.18-3.20)

$\tilde{Q}_i$ değerleri en küçükten en büyüğe göre sıralanır ve bölüm 3.3'de açıklanan bulanık VIKOR metodunun uzlaşık çözüm için gerekli olan şartları kontrol edilir.

3.6. (0-1) Hedef Programlama

1955 yılında Charnes (1955) tarafından tanımı yapılan HP etkin bir şekilde aynı anda birden fazla bağımsız veya birbiriyle çelişen hedefleri çözmek için ele alan bir ÇKKV yaklaşımıdır (Lee *et al.* 2010). HP, çok sayıda amacı göz önünde bulundururken, kabul edilebilir bir çözümler kümesi bulunmasını ve bu amaçlar için en iyi uzlaşık çözümün elde edilmesini sağlar. HP, bu uzlaşık çözümü hedef seviyeleri arasındaki saplamaları en küçükleyerek belirler.

Tek amaçlı problemlerde amaç fonksiyonu en iyi çözümün belirlenmesi hedefine dair tek bir en iyi çözüm söz konusu iken, çok amaçlı problemlerde amaç fonksiyonlarından bir tanesini eniyileyen çözüm genellikle diğer amaçları eniyileyemez. Bu sebepten dolayı da HP'nin kullanıldığı çok amaçlı problemlerde klasik anlamda optimum çözüm yoktur.

HP'de kullanılan amaç fonksiyonları üç farklı yapıda bulunmaktadır. Ağırlıklandırılmış (archimedian), önceliklendirilmiş (leksikografik) ve Chebyshev (minimax-önceliklendirilmiş ağırlıklandırılmış veya bulanık) olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ürün seçimi karar probleminin modellenmesinde 0-1 HP yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem HP yönteminden türemiş bir yöntemdir ve seçim prosedüründeki karar değişkenleri 0 veya 1 değerlerini almaktadır (Kim and Emery 2000).

0-1 HP yönteminin genel formülasyonu şu şekildedir;

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m (w_i^+ \cdot d_i^+ + w_i^- \cdot d_i^-) \quad (3.37)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} \cdot x_j - d_i^+ + d_i^- = g_i; \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.38)$$

$$x_j = 0 \text{ veya } 1, \quad (3.39)$$

$$d_i^+, d_i^- \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.40)$$

Amaç fonksiyonu Z toplam minimum ağırlıklandırılmış sapmalardan meydana gelir. w_i , i . amaca ait pozitif veya negatif ağırlıktır. d_i^+ ve d_i^- i . amaca ait pozitif veya negatif sapma miktarlarıdır. x_j 0 veya 1 değerini almaktadır. x_j 0 olduğunda j . alternatif seçilmemiş, 1 olduğunda seçilmiş demektir.

3.7. Literatür Taraması

Mevcut literatür, uygulamada ele alınan bulanık ÇKKV metotları, 0-1 tam sayılı hedef programlama ve ürün seçim problemi açısından incelendiğinde çok fazla sayıda çalışmanın var olduğu görülmektedir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Literatürde bulunan çalışmalar

Yazarlar	Metot(lar)					Uygulama Alanı
	1	2	3	4	5	
Abdullah and Zulkifli 2015	*				*	İnsan Kaynakları Yönetimi
Fetanat and Khorasaninejad 2015	*				*	Rüzgâr çiftliği yer seçimi
Razieh and Ahmad 2015	*				*	Otomobil endüstrisi
Liu <i>et al.</i> 2015		*			*	HTEA
Farsijani <i>et al.</i> 2015		*			*	Altı Sigma Proje Seçimi
Wey and Wei 2015				*		Kentsel Dönüşüm
Tadic <i>et al.</i> 2014	*	*			*	Şehir Lojistiği Seçimi
Sangaiah <i>et al.</i> 2014	*				*	GSD Projesi Çıktı Faktörleri
Keskin 2014	*				*	Tedarikçi Seçimi
Yeh and Huang 2014	*				*	Rüzgâr çiftliği yer seçimi
Patil and Kant 2014	*				*	Bilgi Yönetimi
Lu <i>et al.</i> 2014	*					SCM Sistemi Uygulaması
Liu <i>et al.</i> 2014	*				*	HTEA
Tsao and Wu 2014	*					Kompozit Malzemeler
Altuntaş <i>et al.</i> 2014	*					Tesis Yer Seçimi
Karkehabadi <i>et al.</i> 2014	*				*	Tünel İnşaatı Ekonomik Performansı
Govindan <i>et al.</i> 2014	*					Madencilik Endüstrisi
Nikjoo and Saeedpoor 2014	*					Sigorta Sektörü
Dou <i>et al.</i> 2014	*					Kamu Yeşil Tedarik
Mehregan <i>et al.</i> 2014	*					Tedarikçi Seçimi
Mamikhani <i>et al.</i> 2014	*					Hastane Acil Servisi
Ashlaghi 2014	*				*	Tedarikçi Seçimi
Torabi <i>et al.</i> 2014	*				*	İş Sürekliliği Eğitimi
Chyu and Fang 2014	*				*	Yeni Ürün Tasarımı
Wang 2014	*				*	Tedarikçi Değerlendirme ve Seçimi

*1. Bulanık DEMATEL 2.Bulanık VIKOR 3.Bulanık GİA 4.(0-1) HP 5.Diğer ÇKKV yöntemleri

Çizelge 3.2. (devam)

Ashtiani and Abdollahi 2014		*			*	Güvenilirlik Modellemesi
Chang 2014		*				Hastane Servis Kalitesi Değerlendirmesi
Safari <i>et al.</i> 2014		*				HTEA
Ebrahimnejad <i>et al.</i> 2014		*			*	Risk Değerlendirme
Kavitha and Vijayalakshmi 2014		*				Tesis yer Seçimi
Rostamzadeh <i>et al.</i> 2014		*				Yeşil Tedarik Zinciri
Öztayşi B and Sürer 2014		*				Tedarik Zinciri
Parameshwaran <i>et al.</i> 2014		*			*	Robot Seçimi
Ayazi <i>et al.</i> 2014		*				Tedarik Zinciri
Leng <i>et al.</i> 2014		*				Karar Destek Modeli
Mokhtarian <i>et al.</i> 2014		*				Yer Seçimi
Wu and Geng 2014		*				Rüzgâr çiftliği yer seçimi
Awasthi <i>et al.</i> 2014		*				Tedarikçi Seçimi
Aydın and Kahraman 2014		*			*	Araç Seçimi
Pourebrahim <i>et al.</i> 2014		*			*	Kıyı Bölgelerinde Öncelikli Değerlendirme
Wang <i>et al.</i> 2014			*		*	Kamu İhale Süreci
Chen and Lu 2014			*		*	Sigorta Pazarlama Performansı
Zhang <i>et al.</i> 2014				*		Süreç Rota Kararı
Li <i>et al.</i> 2014					*	Ürün Seçimi
Baykasoğlu <i>et al.</i> 2013	*				*	Araç(kamyon) Seçimi
Pishdar <i>et al.</i> 2013	*					Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi
Baradaran <i>et al.</i> 2013	*				*	Bilgi Tabanlı Planların Seçimi
Samvedi and Jain 2013	*					Tedarik Zinciri Risk Yönetimi
Fallahian <i>et al.</i> 2013	*					Yeşil Tedarik Zinciri
Lu <i>et al.</i> 2013	*		*		*	Yeşil İnovasyon
Patil and Kant 2013	*					Tedarik Zincirinde Bilgi Yönetimi

*1. Bulanık DEMATEL 2.Bulanık VIKOR 3.Bulanık GİA 4.(0-1) HP 5.Diğer ÇKKV yöntemleri

Çizelge 3.2. (devam)

Jahanshabi <i>et al.</i> 2013	*					ERP Sistem Seçimi
Mavi <i>et al.</i> 2013	*					Yeşil Tedarik Zinciri
Rouhani <i>et al.</i> 2013	*				*	ERP için Başarı Faktörleri
Kabak 2013	*				*	Personel Seçimi
Lin 2013	*					Yeşil Tedarik Zinciri
Danaei <i>et al.</i> 2013	*					SWOT Analizi
Dinçer and Hacıoğlu 2013		*			*	Bankacılıkta Müşteri Memnuniyeti
Nezami and Yildirim 2013		*				Bakım Stratejisini Seçme
Liao and Xu 2013		*				Kararsız Bulanık Karar Verme
Kim and Chung 2013		*				Su Kaynakları
Mohaghar <i>et al.</i> 2013		*				Tedarikçi Seçimi
Zhao <i>et al.</i> 2013		*				Çapraz Entropi
Mokhtari <i>et al.</i> 2013		*			*	Tedarikçi Seçimi
Mehbodniya <i>et al.</i> 2013		*				Ağ Erişimi Seçimi
Bashiri <i>et al.</i> 2013		*				Ana Dağıtım Üssü Yerleşim Problemi
Rezaei <i>et al.</i> 2013		*			*	Tedarik Zinciri
Gumus <i>et al.</i> 2013			*		*	Hidrojen Enerji Depolama Yöntemi Seçimi
Perçin and Min 2013				*		3PL Seçimi
Perçin and Min 2013				*		Makine Parçası Seçimi
Wang and Chen 2012	*				*	Ürün Seçimi
Liu <i>Et al.</i> 2012	*					Otobüs Şoförü İş Stresinin İncelenmesi
Chang and Ishii 2012	*				*	Proje Takımı
Chang <i>et al.</i> 2012	*				*	Project Takımı
Keramati and Hamzellouie 2012	*					Neden ve Sonuç İlişkisi Değerlendirilmesi
Jeng and Tzeng 2012	*					Karar Destek Sistemi

*1. Bulanık DEMATEL 2.Bulanık VIKOR 3.Bulanık GİA 4.(0-1) HP 5.Diğer ÇKKV yöntemleri

Çizelge 3.2. (devam)

Büyüközkan and Ifi 2012	*				*	Tedarikçi Seçimi
Hiete <i>et al.</i> 2012	*					Risk Yönetimi
Wu 2012	*					Bilgi Yönetimi
Chou <i>et al.</i> 2012	*				*	İnsan Kaynakları
Ebrahimnejad <i>et al.</i> 2012		*			*	Proje Seçimi
Vinodh <i>et al.</i> 2012		*			*	Konsept Seçimi
Girubha and Vinodh 2012		*				Malzeme Seçimi
Burmaoglu and Kazancoglu 2012		*			*	Web Sitesi Değerlendirme
Mozafari <i>et al.</i> 2012		*				Tedarikçi Seçimi
Aydin and Kahraman 2012		*			*	Web Sitesi Değerlendirme
Farsi . <i>et al.</i> 2012		*				Ürün Seçimi
Kuo and Liang . 2012		*				Performans Değerlendirme
Yücenur and Demirel 2012		*				Şirket Seçimi
Chen 2012			*		*	Otomobil Endüstrisi
Chen 2012				*	*	Bilgi Teknolojileri Projesi
Tzeng and Huang 2011	*	*	*		*	Akıllı Global Üretim ve Lojistik Sistemleri
Lee <i>et al.</i> 2011	*					Ürün Hayat Zinciri Yönetimi
An <i>et al.</i> 2011	*					Kalite Karakteristikleri Haritalama
Dalalah <i>et al.</i> 2011	*				*	Tedarikçi Seçimi
Raut <i>et al.</i> 2011	*				*	Tedarikçi Seçimi
Kuo 2011	*					Yer Seçimi
Jassbi <i>et al.</i> 2011	*					Neden ve Sonuç İlişkisi
Chang 2011	*					Tedarikçi Seçimi
Zhou <i>et al.</i> 2011	*					Afet Yönetimi
Opricovic 2011		*				Su Kaynakları Planlaması
Shemshadi <i>et al.</i> 2011		*				Entropi Ölçümü
Du and Liu 2011		*				Sezgisel Yamuk Bulanık Sayılar

*1. Bulanık DEMATEL 2.Bulanık VIKOR 3.Bulanık GİA 4.(0-1) HP 5.Diğer ÇKKV yöntemleri

Çizelge 3.2. (devam)

Sasikumar and Haq 2011		*				Tedarik Zinciri
Büyüközkan <i>et al.</i> 2011		*			*	Bilgi Yönetimi Araçları
Kuo and Liang 2011		*	*			Hizmet Kalitesi
Kuo 2011		*	*			Hizmet Kalitesi
Su 2011		*	*			Tersine Lojistik
Zhang and Liu 2011			*			Personel Seçimi
Zhang <i>et al.</i> 2011			*			Yazılım Endüstrisi
Hung 2011				*		Tedarik Zinciri
Büyüközkan and Berkol 2011				*	*	Tedarik Zinciri
Yılmaz and Dagdeviren 2011				*	*	Malzeme Seçimi
Tsai and Kuo 2011				*	*	Girişimcilik Politikası
Tsai <i>et al.</i> 2011				*		Girişimcilik Politikası
Toloie and Ehsanifar 2011					*	Ürün Seçimi
Thummala and Rao 2011					*	Ürün Seçimi
Kaya and Kahraman 2010		*			*	Yenilenebilir Enerji Planlaması
Kaya and Kahraman 2010		*			*	Ormancılıkta Karar Verme
Vahdani <i>et al.</i> 2010		*				Aralık-değerli Bulanık Kümeler
Tu <i>et al.</i> 2010				*	*	Yer Seçimi
Tsai <i>et al.</i> 2010				*	*	Turizm
Wey <i>et al.</i> 2010				*	*	Mimari Projeler
Tsai <i>et al.</i> 2010				*	*	Bilişim Teknolojileri Projeleri
Juan <i>et al.</i> 2010				*		Sürdürülebilir Yenilik
Chen <i>et al.</i> 2010					*	Ürün Seçimi
Fekri <i>et al.</i> 2009	*					Yeni Ürün Tasarımı
Tseng 2009	*		*			Hizmet Kalitesi
Tseng and Lin 2009	*					Neden ve Sonuç İlişkisi
Lin <i>et al.</i> 2009	*					Hizmet Kalitesi

*1. Bulanık DEMATEL 2. Bulanık VIKOR 3. Bulanık GİA 4. (0-1) HP 5. Diğer ÇKKV yöntemleri

Çizelge 3.2. (devam)

Chen and Wang 2009		*				Dış kaynak Kullanımı
Sanayei <i>et al.</i> 2009		*				Tedarikçi Seçimi
Tsai <i>et al.</i> 2009				*	*	Sürdürülebilir Performans Karnesi
Chang <i>et al.</i> 2009				*	*	Lojistik
Tsai and Chou 2009				*	*	Yönetim Sistemi
Karsak and Ozogul 2009				*		ERP Sistem Seçimi
Lin and Wu 2008	*					Nedensellik Analizi
Büyüközkan and Ruan 2008		*			*	Yazılım Geliştirme
Ravi <i>et al.</i> 2008				*	*	Lojistik
Tsai and Hsu 2008				*	*	Lojistik
Ali Khatami <i>et al.</i> 2008				*	*	Stratejik Seçim Kararları
Wei and Chang 2008				*	*	Ürün Tasarımı
Wey and Wu 2008				*	*	Proje Seçimi
Wey and Wu 2008				*	*	Lojistik
Bottani and Rizzi 2008					*	Ürün Seçimi
Hsu <i>et al.</i> 2007	*					Müşteri Davranışları
Wu and Lee 2007	*					Çoklu Zekâ
Işıklar and Büyüközkan 2007					*	Ürün Seçimi
Raharjo <i>et al.</i> 2006				*		Müşteri Memnuniyeti
Karsak <i>et al.</i> 2003				*	*	Müşteri Memnuniyeti
Bertomeu and Romero 2001				*		Tahmin Yönetimi
Lee and Kim 2001				*		Bilişim Teknolojileri Projeleri
Beach <i>et al.</i> 2000					*	Ürün Seçimi
Kim and Emery 2000				*		Proje Seçimi
Lee and Kim 2000				*	*	Proje Seçimi

*1. Bulanık DEMATEL 2.Bulanık VIKOR 3.Bulanık GİA 4.(0-1) HP 5.Diğer ÇKKV yöntemleri

Çizelge 3.2 gözden geçirildiğinde bulanık DEMATEL, genellikle Analitik Ağ Süreci olmak üzere diğer ÇKKV metotları ile beraber bir hibrit yaklaşım oluşturacak şekilde kullanılmıştır. Tedarikçi seçimi ve tedarik zinciri yönetimi alanları başta olmak üzere, insan kaynakları yönetiminden yer seçimine, bilgi yönetiminden risk değerlendirmeye kadar çok çeşitli alanda çeşitli karar ve değerlendirme problemlerinin çözümünde kullanılmıştır.

Bulanık VIKOR, bulanık DEMATEL literatürü gibi, genellikle diğer ÇKKV metotları ile beraber bir hibrit yaklaşım oluşturacak şekilde kullanılmıştır. Tedarik Zinciri Yönetimi ve Tedarikçi Seçimi alanları başta olmak üzere, ürün seçiminden su kaynaklarının planlamasına ve değerlendirilmesine kadar çok çeşitli alanlarda ve çeşitli karar problemlerinin çözümünde kullanılmıştır.

Bulanık GİA, son yıllarda kullanımı daha popüler olan bir ÇKKV metodudur. Genellikle DEMATEL metodu ve VIKOR metodu ile beraber kullanılmıştır. Hizmet kalitesinin değerlendirilmesi başta olmak üzere, kamu ihale süreci, yeşil inovasyon, tersine lojistik, personel seçimi, yazılım endüstrisi gibi çeşitli alanlarda yapılmış çalışmalar yer almaktadır.

0 1 Tam Sayılı Hedef Programlama ile ilgili çalışmalara bakıldığında ise, ÇKKV metotlarının aksine daha eski senelere ait çalışmaların olduğu görülür. Genellikle Analitik Hiyerarşik Süreç veya Analitik Ağ Süreci metotları ile beraber bir kullanım görülmektedir. Başta lojistik alanında olmak üzere, ürün seçimi, proje seçimi, stratejik karar seçimi gibi konularda yapılan çalışmalar mevcuttur.

Literatür incelemesi sonucunda bulanık VIKOR&GİA hibrit yönteminin bulanık DEMATEL yöntemi ile birlikte hiçbir çalışmada kullanılmadığı görülmektedir. Ayrıca bu iki yöntemin 0-1 HP modeli ile birlikte kullanılmadığı ve ürün seçim probleminin bu yöntemlerle ele alınmadığı da literatür incelemesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yapılan bu tezin literatüre katkısı önemli düzeydedir.

Bunun dışında ürün seçim probleminin ÇKKV metotları ile çözüme ulaşıldığı ilgili literatür şöyledir;

Bottani and Rizzi (2008) tedarikçi ve ürün seçimi problemini kümeleme analizi ve Analitik Hiyerarşik Proses (AHP) tekniklerinden oluşan bir yaklaşım ile çözmüştür. Ayrıca bu yaklaşım ile teslim sürelerini azaltmayı amaçlamışlardır.

Chen *et al.* (2010) ürün seçimi problemini bir ÇKKV problemi olarak ele almışlar ve AHP tekniğinden faydalanarak çözüme ulaşmışlardır. Uygulama olarak 244 adet telefon kullanıcılarından elde ettikleri değerlendirmelerle cep telefonu seçimi çalışması yapmışlardır.

Farsi *et al.* (2012) ürün seçimi problemini bir ÇKKV problemi olarak ele almışlar ve VIKOR yöntemini kullanarak çözüme ulaşmışlardır. Uygulama olarak İran cep telefonu pazarını ele almışlardır ve cep telefonu seçimini bu yöntem ile çözmüşlerdir.

Li *et al.* (2014) organizasyonlar için bilgi yönetim sistemi seçim problemini bir ÇKKV problemi olarak ele almışlar ve bu problemi kalite fonksiyon yayılımı ve TOPSIS tekniklerinden faydalanarak çözmüşlerdir.

Işıklar and Büyüközkan (2007) ürün seçimi problemi olarak cep telefonu alternatiflerini değerlendirmişler ve Analitik Hiyerarşik Proses (AHP) ile Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) tekniklerinden oluşan hibrit bir yaklaşımla çözüme ulaşmışlardır.

Toloie-Eshlaghy and Ehsanifar (2011) ürün seçim problemini bir ÇKKV problem olarak nitelendirmiş ve Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) tekniğinden faydalanarak çözüme ulaşmışlardır.

Thummala and Rao (2011) cep telefonu seçimi konusunda yaptıkları çalışmayı bir ürün seçimi problemi olarak düşünmüşler ve çözüm için ÇKKV metotlarından çok sık kullanılan bir teknik olan Analitik Hiyerarşik Proses (AHP) kullanılmışlardır.

Wang and Chen (2012) yaptıkları çalışmada optimal ürün tasarımı ve seçimi problemini bulanık bir ortamda ele almışlardır. Problemin çözümünde Kalite yayılım fonksiyonu ile beraber bulanık DEMATEL, bulanık Delphi teknikleri ve Doğrusal tam sayılı programlamayı kullanarak çözüme ulaşmışlardır.

Ayrıca mevcut literatür incelendiğinde fiber optik kablo ürün seçimine ait pek fazla çalışmanın yer almadığı görülür. Mevcut çalışmalarda ise;

Fairaizl and Alan (1979) pratik uygulamalar açısından fiber optik kabloların seçimi konusunda bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmasını California'da Proc Tech Program Electro-Optics/Laser Conference programında 1979 yılında sunmuştur. Çalışmada daha çok fiberin optik değerleri üzerinden ne tarz bir seçim işlemi yapılması gerektiği anlatılmaktadır.

Caton (1980) fiber optik kabloların özelliklerine bağlı olarak performanslarını değerlendirerek seçim yapan teknik bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma daha çok kablonun optik ve teknik yönlerini dikkate alarak gerçekleştirilmiştir.

Traskiewicz and Patricia (1990) fiber optik kabloların endüstriyel pazardaki yerini anlatan bir çalışma yapmışlardır. Fiber optik kabloların sınıflandırılması, yapısı seçimi ve terminolojisi hakkında bilgiler içermektedir.

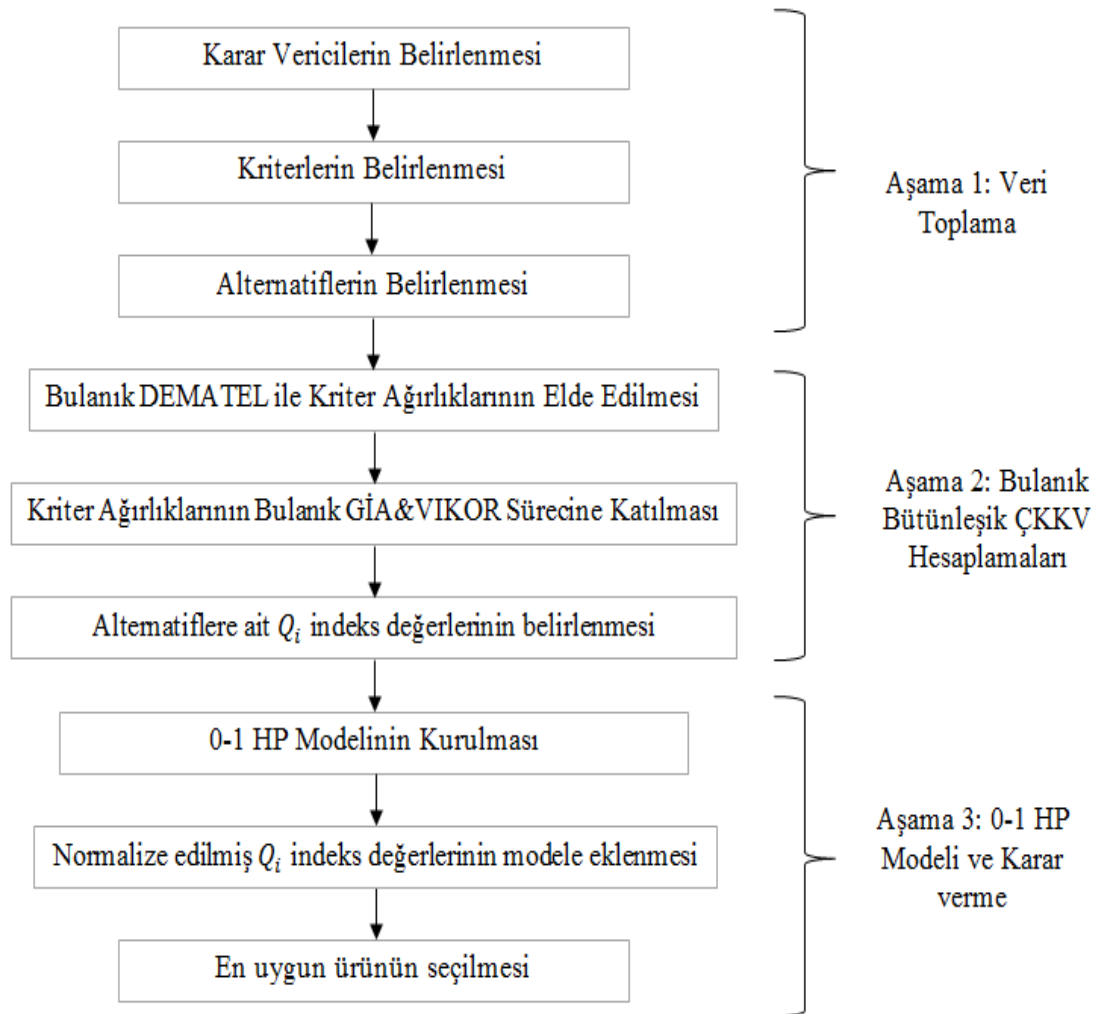
Broombaugh (1990) yüksek hızda veri iletişimi sağlayan ağlar için fiber optik kablo seçimini konu alan bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma da daha çok kablonun optik ve teknik yönlerini dikkate alarak gerçekleştirilmiştir.

3.8. Önerilen Bulanık Bütünleşik ÇKKV – (0-1) HP Yaklaşımı

Ürün seçimi problemi için bu çalışmada önerilen bulanık bütünleşik ÇKKV modeli ve 0-1 HP yöntemlerinden oluşan yaklaşım üç temel aşamadan oluşmaktadır:

- Aşama 1: Veri toplama,
- Aşama 2: Bulanık bütünleşik ÇKKV hesaplamaları,
- Aşama 3: 0-1 HP hesaplamaları ve karar verme.

Önerilen yaklaşımın şematik gösterimi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Kablo seçiminde öne sürülen yaklaşımın şematik gösterimi

Aşama 1: Veri Toplama

Önerilen yaklaşımın ilk temel aşaması veri toplamadır. Veri toplama aşaması üç adımdan oluşmaktadır. İlk adımda ürün seçim problemi hakkında yeterli bilgi ve tecrübeye sahip uzmanlardan oluşan karar verme takımı oluşturulur. Bu ekip problemin çözümü için hem alternatifleri hem de kriterleri dilsel değişkenlerle değerlendirecektir.

İkinci adımda, karar verme takımı tarafından problemin çözümünde kullanılacak kriterler belirlenir. Bu kriterler ürünlerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan ortak niteliklerdir.

Veri toplama aşamasının son adımı, alternatif ürünlerin belirlenmesidir. Müşteriden alınan, eksik ve yetersiz bilgiler ışığında, karar verme takımı müşteriye önerilebilecek ürün alternatiflerini belirler.

Aşama 2: Bulanık Bütünleşik ÇKKV Hesaplamaları

Önerilen yaklaşımın ikinci aşaması bulanık bütünleşik ÇKKV hesaplamalarının olduğu aşamadır. Bu aşamada, bulanık DEMATEL, bulanık VIKOR&GİA metotlarından faydalanılarak, bütünleşik bir model ortaya konulmuştur.

İlk adımda, karar verme takımı tarafından bir önceki aşamada belirlenen kriterler, bulanık DEMATEL yönteminden faydalanılarak değerlendirilir. Kriter ağırlıkları bulanık DEMATEL ile belirlenmiştir. Kriter ağırlıklarını bulmak için kriterler arasındaki etkileşimler dikkate alınır. Bu öncelik değerleri ürünlerin değerlendirilmesinde bir sonraki adımda kullanılır.

İkinci adımda, karar verme takımı tarafından alternatifler yani ürünler bulanık VIKOR&GİA yöntemiyle değerlendirilir. Alternatiflere ait öncelikler ($\tilde{Q}_i$ indeks değerleri) bulanık VIKOR&GİA yöntemiyle belirlenir. Bulanık DEMATEL

yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları bu değerlendirme sürecine katılır. Bu modelin diğer bütünleşik ÇKKV modellerinden farkı, bulanık VIKOR yöntemine bulanık DEMATEL yönteminden elde edilen ağırlıkların kullanılmasıyla ağırlıklandırılmış GİA katsayısının katılarak alternatiflerin değerlendirilmesidir.

Daha sonra ise, gerekli hesaplamalar yapılarak her bir alternatife ait $\tilde{Q}_i$ indeks değerleri belirlenir. Bulanık VIKOR&GİA yöntemiyle $\tilde{Q}_i$ indeks değerleri belirlenirken kriterler arasındaki ilişkilerde göz önünde bulundurulur. Bu indeks değerleri küçükten büyüğe bir sıralama yapılır. En küçük indeks değerine sahip olan alternatif, en iyi alternatif olarak belirlenir.

Aşama 3: 0-1 HP Modeli ve Karar verme

Önerilen yaklaşımın son aşaması, 0-1 HP modelinin kurulması çözülmesi ve ürün seçim kararının verilmesidir. Bu aşamada ilk adım olarak, 0-1 HP modeli kurulmuştur. Modelin karar verme takımı tarafından belirlenen ve hem müşteriyi hem de firmayı ilgilendirecek çeşitli amaçları olacaktır.

Bu aşamanın ikinci adımı, aşama 2’de açıklanan ÇKKV modelinin, kurulan HP modeline entegrasyonudur. Bunu gerçekleştirmek amacıyla, öncelikle $\tilde{Q}_i$ indeks değerlerinin çarpmaya göre tersi alınır. Çünkü indeks değeri küçük olan alternatif, diğerlerine göre daha iyidir. Daha sonra tersi alınan indeks değerleri normalize edilir ve hem amaç, hem de kısıt olarak modele eklenir.

Böylece bulanık bütünleşik ÇKKV Model sonuçları, matematiksel model ile kesin sonuçlar elde etmek için geliştirilen, bir ÇAKV yöntemi olan 0 1 HP modeline entegre edilir. Son olarak müşteri ihtiyaçlarına en uygun ürün seçilir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu bölümde, tez çalışması kapsamında geliştirilmiş olan bulanık bütünlük ÇKKV-(0-1) HP yaklaşımının nasıl işletildiğini göstermek ve elde edilen sonuçların geçerliliğini ve doğruluğunu kanıtlamak amacıyla gerçekleştirilmiş bir gerçek hayat uygulaması yer almaktadır. Gerçekleştirilen bu uygulama ile bir kablo üreticisi firmaya ait ürün seçim probleminin etkin bir şekilde çözülmesi sağlanmıştır. Ürün seçim problemi, firmanın ürettiği yüksek çeşitliliğe sahip olan fiber optik kablolar arasından, müşteri isteğine en uygun olan bir ya da iki çeşit kablonun belirlenmesi ve müşteriye bu kablonun önerilmesidir.

4.1. Fiber Optik Kablolar

Fiber optik kablo, elektronik sinyaller yerine kendi boyunca içerisinde ışığın yönlendirilebildiği optik fiber(ler)den meydana gelen kablodur.

Fiber optik kabloların kullanım alanları da oldukça geniştir;

- Yüksek hız nedeni ile bina içlerindeki iletim sistemlerinde (plastik fiberlerle), kullanılırlar. Düşük kayıpları vardır.
- “Kapalı devre televizyon sistemleri” olarak tanımlanan kamera sistemlerinde kullanılırlar.
- Veri (data) iletiminde kullanılırlar.
- Elektronik cihazların birbirleriyle bağlantısında kullanılırlar.
- Havacılık alanında örnek olarak radarlarda, uçak iç donanımlarında ve yüksek hız gerektiren aygıtlar arası kullanılırlar.
- Demiryolu elektrifikasyon ve sinyalizasyon uygulamalarında kullanılırlar.
- Yüksek gerilim iletkenlerinin içine fiber lifler yerleştirilerek enerji taşırken aynı anda haberleşmenin de sağlanmasının istenmesinde kullanılırlar.
- Trafik kontrol sistemlerinde kullanılırlar,

- Reklam panolarında kullanılırlar,
- Tıp alanında kullanılan cihazlarda kullanılırlar,
- Nükleer enerji santrallerin ve radyo aktif ışınların iletişimi bozduğu yerlerde kullanılırlar.

FO sistemler veri transferi için optik fiber içerisinde yol alan ışık darbelerini kullanır. Bu metot bakır kabloları göre birçok üstünlük sağlar. Bunların bazıları diğer teknolojilerle sağlanamaz. Bu kabloların avantajlarından bazıları şunlardır;

- Yüksek bant genişliği kapasitesine sahiptirler. FO diğer iletişim ortamları ile karşılaştırıldığında nispeten yüksek bant genişliği sağlar. Bu da, diğer ortamlara nazaran daha fazla sinyal hızına ve daha uzun iletişim mesafesine izin verir. Örneğin, tüm deniz altı telekomünikasyonunda kablo olarak FO tercih edilir.
- FO kabloları zayıflama olarak bilinen sinyal zayıflaması daha azdır.
- FO kabloların malzemesi cam ve plastiktir dolayısıyla bu kablolar bakır kablolarıdan çok daha hafiftirler.
- FO kablo küçük boyutludur. FO kablonun çapı elektrik kablosunun çapına göre oldukça küçüktür.
- FO kablo bilgi ve veri iletiminde daha güvenlidir. FO kabloda bilgi kolaylıkla yakalanamaz. Kullanıcının haberi olmaksızın fiber kablonun içine kaçak veya gizli bir bağlantı yapmak imkânsızdır. Bu da fiberi, askeri uygulamalar açısından cazip kılan bir başka niteliğidir.
- FO kablo gürültüden ve elektromanyetik dalgalarından etkilenmez.
- Cam ve plastik fiberler iletken olmadıkları yani elektrik akımı taşımadıkları için, fiberler kullanıldığında elektrik akımları ya da gerilimlerinin yarattığı tehlikeler yoktur.
- Yeni kurulmakta olan bakır kablolarıdan daha düşük maliyete sahiptir.
- Henüz kanıtlanmamış olmasına rağmen, fiber sistemlerin metalik malzemede daha uzun süre dayanacağı varsayılmaktadır. Bu varsayımın dayanak noktası, fiber kabloların çevre koşullarındaki değişikliklere daha dayanıklı olmasıdır.

Bununla beraber çeşitli dezavantajları da mevcuttur;

- Detaylı işçilik gerektirmesi ve üretim zorluğunun olması.
- Üretim esnasında yapılacak bir hatanın telafisinin olmaması, ürünün tamamen hurdaya çıkması.
- Yüksek çıkış gücünün olmaması.
- Mevcut şebekeye ayarlanmasının zor olması.(Bakır devre ve fiberin uyuşmaması.)

4.2. Fiber Optik Kablo Ürün Seçimi Yapısı

Bu çalışma da ele alınan ürün seçim problemi süreci, uygulamanın yapıldığı firmada şu şekilde gerçekleşmektedir. İşletme üretimi ile hem yurtiçi talebini karşılamakta, hem de yurt dışına ihraç yapmaktadır. Yurt içi talebinin önemli bir bölümünü Türk Telekom adına iş yapan taşeron firmalar üstlenirken, yurt dışında ise hemen her ülkede müşteriler bulunmaktadır.

İşletmenin hem yurtiçi hem de uluslararası ticaret birimlerine gelen müşteri talepleri öncelikle tasarım bölümüne iletilmektedir. Tasarım bölümü, eğer müşterinin istediği ürüne ait teknik şartnamesi var ise, öncelikle bu şartnameyi incelemektedir. Şartname, üretime engel olabilecek herhangi bir durum içeriyorsa, tasarım mühendisi, üstlerinin de onayı ile ticaret birimine üretime uygun olmadığını iletmektedir. Aksi takdirde, üretime uygun tasarım ve bu tasarıma ait maliyetlendirme çalışması yapmakta ve bu tasarıma ait teknik bilgi belgesi ile beraber ticaret birimini bilgilendirmektedir. Ticaret birimi de bu maliyetlendirme çalışmasına kendi stratejisi gereği gereken kar oranı gibi çeşitli eklemeler yaparak, müşteriye teklifini sunmaktadır.

Bu şekilde önerilen ürünlerin işletmeye sipariş olarak geri dönmesi şunlara bağlıdır;

- Önerilen ürünün teknik şartnameyi ne oranda karşıladığı,
- Müşterinin teklif istediği alternatif üreticiler,
- Ticaret biriminin eklediği kar oranı gibi çeşitli eklentilerin miktarı,
- Müşterinin gerçek alıcı mı yoksa sadece fiyat teklifi isteyip istemediği,

- Gereken sürede müşteriye cevap verilip verilmediği.

Teknik şartname olmadığında ise, kısıtlı bilgi altında, tasarım bölümünün iş yoğunluğunun olması, teklifin potansiyel bir siparişe dönüşüp dönüşmemesinin bilinmemesinden dolayı istenen özelliklere uygun fakat tamamen sıradan bir ürün teklif edilmektedir. Bu teklif büyük ihtimalle siparişe dönüşmemektedir. Bunun başlıca sebepleri şunlardır;

- Müşteri son kullanıcı değil, son kullanıcı ile üretici arasındaki bağlantıyı sağlayan ticaret şirketi olabilir. Dolayısı ile müşterinin tam olarak ne istediğini bilmez ve işletmeye yeterince bilgi sağlamaz.
- Tasarım bölümü, geniş bir ürün gamından herhangi bir ürünü seçer, bu durum da teklifin siparişe dönme olasılığını düşürür.
- Ticaret bölümü, iş yoğunluğu ve önemli olarak kabul ettiği müşteri grubunun isteklerini öne almasıyla ve müşterinin verdiği kısıtlı bilgi nedeniyle müşteriye cevap vermek istemez.
- Talep son kullanıcı konumunda olmayan müşteriler tarafından geldiğinden dolayı, tamamen ticari kaygılarla hareket edilir ve diğer üreticilere de fiyat sorulur. Dolayısı ile talebe en yakın teklifi veren firma daha şanslıdır.
- Müşterinin beklediği ürün büyük bir ihtimalle sunulmadığından, fiyat müşteri için istenilen düzeyde gelmeyebilir.

Bu şekilde yürütülen karar verme süreci, dolayısı ile pek sağlıklı olmamaktadır. Müşteri, son kullanıcı veya son kullanıcı konumunda müşterileri olan ticaret şirketi olabilir. Önemli olan ve yapılması gereken, müşterinin eksik ya da sınırlı bilgisi karşısında da en kısa sürede en uygun ürünün, müşteriye sunulmasıdır. Bu tarz bir yaklaşım için, bu süreç bir ÇKKV problemi olarak görülmeli ve grup kararı ile yönetilmelidir. Bu durumda müşteri isteği sadece bir birimin değil tüm işletmenin esnek yaklaşımı ile karşılanabilecektir.

Çalışmada anlatılan ürün seçim süreci, bir kısmı subjektif olmakla beraber birçok faktörü içermektedir. Bu faktörler ölçülebilir nitelikte oldukları gibi, dilsel ifadelerle tanımlanan ve birbirine kıyasla değerlendirilebilen özelliktedirler.

4.3. Önerilen Bulanık Bütünleşik ÇKKV-(0-1) HP Yaklaşımı ile Fiber Optik Kablolar için Bir Uygulama

4.3.1. Veri toplama

Uygulamanın ilk aşamasında, tasarım, planlama, satış, kalite kontrol ve üretim birimlerinde çalışan mühendisler içerisinde birer mühendis seçilip karar verme takımı oluşturulmuştur. Takım üyelerinden tasarım mühendisi, müşteri isteklerine uygun ürünün tasarlanması ve kilometre başına birim maliyetin çıkarılmasından sorumludur. Planlama mühendisi, sipariş olarak dönen ürünlerin üretim planına alınmasından sorumludur ve tasarım mühendisinin ne tasarladığını iyi bilinmelidir. Satış mühendisi de tasarım mühendisinin tasarladığı ürünü, müşteriye kar oranı, teslim şartları, vergilendirme ve diğer yasal işlemleri düzenleyerek teklifini sunmakla sorumludur. Ayrıca, müşteri siparişi verdiği anda, planlama mühendisine sipariş ile ilgili bilgi vermekle sorumludur. Kalite kontrol mühendisi, tasarım mühendisinin tasarımına uygun kalite planını hazırlamakla görevlidir ve üretim esnasında kalite kontrol faaliyetlerinin de yürütülmesini sağlar. Üretim mühendisi, ise tasarım mühendisine tasarımının üretime uygun olup olmadığı ile ilgili bilgi verir. Ayrıca planlama ve kalite kontrol mühendisleri ile beraber çalışarak, üretimin planlamaya ve standartlara uygun bir şekilde devam etmesini sağlar. Dolayısı ile karar verme takımını oluşturan her mühendis karar verme sürecinin içinde yer alan etkin birer elemandır.

Karar verme takımı tarafından uygulamada ele alınan problemin çözümü için, dokuz adet kriter tespit edilmiştir. Bu kriterlerden bazıları sayısal olarak ifade edilirken, ürünün fiyatı gibi, bazıları da sözel olarak ifade edilmektedir, fiber cinsi gibi. Dolayısı ile tespit edilen dokuz kriter içerisinde dilsel ifadeler içeren kriterler de bulunmaktadır. Belirlenen kriterler ve açıklamaları şu şekildedir.

1. Ürünün Fiyatı: Bu kriter, seçimi yapılacak ürünün km/maliyetidir. Müşteriler ve firma için en önemli kriterlerin başında gelmektedir. Maliyet kriterini etkileyen unsurlar üründe kullanılan veya kullanılmayan fiber cinsi, aramid veya glass iplik miktarı, ürünün tek ve çift kılıflı olması, ürünün özünün jelli ya da kuru olması, üründe zırh olarak çelik bant kullanılıp, kullanılmamasıdır. Yani kullanılan hammadde ve ürünün yapısı ne kadar özellikli ve maliyetli olursa, nihai ürünün de maliyeti o oranda yüksek olmaktadır.

2. Kullanım Yeri: Bu kriter, fiber optik kabloların kullanım amacı ile ilgilidir. Bu kablolar, havai hatlarda, kanal içi hatlarda, yer altı hatlarında, su ve deniz altı hatlarda, bina içi hatlarda haberleşme amacıyla kullanılmaktadır. Kullanım yerine göre ürünün yapısı ve üründe kullanılacak hammadde değişmektedir. Dolayısı ile ürünün maliyeti de bu değişim ile beraber artmakta ve azalmaktadır. Bir ürünün diğer bir ürüne üstünlüğü bu bakımdan önemlidir.

3. Teslim tarihi: Bu kriter, fiber optik kablonun sipariş alındıktan sonra müşteriye teslim edileceği tarihtir. Planlama birimi tarafından, sipariş miktarına (100 km, 250 km... vb), kullanılan fiber (SM G 657A, MM 50/125 OM3... vb) veya hammaddeye, ürünün yapısına göre belirlenmektedir.

4. Lojistik, yasal maliyetler ve vergiler: Bu kriter, satış birimi ile müşteri arasında gerçekleşen antlaşmaya göre, siparişin müşteriye ulaştırılmasındaki lojistik maliyetleri ve eğer sipariş yurt dışına ait ise o ülkede olan yasal maliyetler ve vergilerin kim tarafından karşılanacağına yöneliktir.

5. Kablo yekparesi: Bu kriter, bir makarada yer alan kablo boyudur. İşletme genellikle 2 ve 4 km yekparelerde, bunun dışında 6 ve 8 km'lik yekparelerde ürün üretebilmektedir. Üründe kullanılan fiberin cinsi, ürünün yapısı ve sipariş miktarı yekpare boyunu etkilemektedir. Yekpare boyu düşünülerek üretimi daha kolay ürünler önerilmektedir. Çünkü parça kablolar metal haberleşme kabloları gibi ek yapılarak

birleştirilemediğinden, müşteri tarafından olumsuz karşılanmakta, çoğu zaman satın alınmamaktadır.

6. Mekanik Değerler: Mekanik değerler, ürünün mekanik değerlerini içermektedir. Fiber optik kablolar, çekme, germe, burma gibi çeşitli mekanik testlerden geçmektedir. Her ürüne ait farklı mekanik değerler olabildiği gibi aynı mekanik değerlere sahip ürünler de olabilir. En belirgin mekanik değer, çekme mukavemeti olarak bilinen, ürünün üzerine binen yükü kopmadan taşıyabildiği Newton birimli kuvvet değeridir.

7. Optik Değerler: Optik değerler, ürünün optik değerlerini içermektedir. Fiber optik kablolar, optik fiberler kullanılarak üretildiği için, çeşitli dalga boylarında optik değerlere sahiptir. Zayıflama olarak bilinen en önemli optik değer, çeşitli mekanik etkiler, emilme, saçılma, makro eğilme gibi etkilerle ışığın optik fiber içerisindeki güç kaybı yaşamasıdır. Fiberin cinsine göre çeşitli dalga boylarında ölçülür. Gelişen teknoloji ile beraber son çıkan fiber cinslerinde daha düşük zayıflama değerleri görülmektedir.

8. Fiber Cinsi: Kullanılan optik fiber en önemli kriterlerin başında gelmektedir. İşletme de tek modlu (single mode) ve çok modlu (multi mode) ve bunların türleri olmak üzere 7-8 çeşit fiber kullanılmaktadır. Bu fiberler işletme dışından tedarik edildiğinden, nihai ürüne ait teslim sürelerini, ürünün maliyetini, kablo yekparesini, optik ve mekanik değerleri etkilemektedir.

9. Ürünün Yapısı: Bu kriter, kablonun özünün jelli ya da kuru olması, kablonun tek kılıf ya da çift kılıf olması gibi ürünün yapısını ilgilendiren niteliklerin göz önünde bulundurulması ile belirlenmiştir. Kablonun yapısı, maliyetini, teslim süresini, kablo yekparesini, mekanik ve optik değerlerini etkilemektedir.

Ürünlere ait değerlendirme yapılacak kriterlerin belirlenmesinden sonra karar verme takımı çeşitli problem senaryoları oluşturarak, bu senaryolara ait alternatifleri belirlenmişlerdir. İlk problem senaryosuna göre havai hat kullanımına uygun ürün

isteyen bir müşteriye sunulabilecek altmış adet alternatif ürünü belirlemiştir. Bu ürünler Çizelge 4.1’de görülmektedir.

Çizelge 4.1. Alternatif fiber optik kablolar

Alternatifler			
144 SMG652D SJ FIG 8	F ₁	144 SMG655 SJSA DRYCORE ARAMID YARN FIG 8	F ₃₁
144 SMG652D SJSA FIG 8	F ₂	144 SMG655 DJSA DRYCORE ARAMID YARN FIG 8	F ₃₂
144 SMG652D DJSA FIG 8	F ₃	144 SMG655 SJ NONMETALIC ARM FIG 8	F ₃₃
144 SMG652D SJ ARAMİD YARN FIG 8	F ₄	144 SMG655 DJ NONMETALIC ARM FIG 8	F ₃₄
144 SMG652D SJSA ARAMID YARN FIG 8	F ₅	144 SMG655 SJ DRYCORE NONMETALIC ARM FIG 8	F ₃₅
144 SMG652D DJSA ARAMID YARN FIG 8	F ₆	144 SMG655 DJ DRYCORE NONMETALIC ARM FIG 8	F ₃₆
144 SMG652D SJ DRYCORE FIG 8	F ₇	144 SMG655 SJ ADSS	F ₃₇
144 SMG652D SJSA DRYCORE FIG 8	F ₈	144 SMG655 DJ ADSS	F ₃₈
144 SMG652D DJSA DRYCORE FIG 8	F ₉	144 SMG655 SJ DRYCORE ADSS	F ₃₉
144 SMG652D SJ DRYCORE ARAMID YARN FIG 8	F ₁₀	144 SMG655 DJ DRYCORE ADSS	F ₄₀
144 SMG652D SJSA DRYCORE ARAMID YARN FIG 8	F ₁₁	144 SMG657 SJ FIG 8	F ₄₁
144 SMG652D DJSA DRYCORE ARAMID YARN FIG 8	F ₁₂	144 SMG657 SJSA FIG 8	F ₄₂
144 SMG652D SJ NONMETALIC ARM FIG 8	F ₁₃	144 SMG657 DJSA FIG 8	F ₄₃
144 SMG652D DJ NONMETALIC ARM FIG 8	F ₁₄	144 SMG657 SJ ARAMID YARN FIG 8	F ₄₄
144 SMG652D SJ DRYCORE NONMETALIC ARM FIG 8	F ₁₅	144 SMG657 SJSA ARAMID YARN FIG 8	F ₄₅

Çizelge 4.1. (devam)

144 SMG652D DJ DRYCORE NONMETALIC ARM FIG 8	F ₁₆	144 SMG657 DJSA ARAMID YARN FIG 8	F ₄₆
144 SMG652D SJ ADSS	F ₁₇	144 SMG657 SJ DRYCORE FIG 8	F ₄₇
144 SMG652D DJ ADSS	F ₁₈	144 SMG657 SJSA DRYCORE FIG 8	F ₄₈
144 SMG652D SJ DRYCORE ADSS	F ₁₉	144 SMG657 DJSA DRYCORE FIG 8	F ₄₉
144 SMG652D DJ DRYCORE ADSS	F ₂₀	144 SMG657 SJ DRYCORE ARAMID YARN FIG 8	F ₅₀
144 SMG655 SJ FIG 8	F ₂₁	144 SMG657 SJSA DRY CORE ARAMID YARN FIG 8	F ₅₁
144 SMG655 SJSA FIG 8	F ₂₂	144 SMG657 DJSA DRY CORE ARAMID YARN FIG 8	F ₅₂
144 SMG655 DJSA FIG 8	F ₂₃	144 SMG657 SJ NONMETALIC ARM FIG 8	F ₅₃
144 SMG655 SJ ARAMID YARN FIG 8	F ₂₄	144 SMG657 DJ NONMETALIC ARM FIG 8	F ₅₄
144 SMG655 SJSA ARAMID YARN FIG 8	F ₂₅	144 SMG657 SJ DRYCORE NONMETALIC ARM FIG 8	F ₅₅
144 SMG655 DJSA ARAMID YARN FIG 8	F ₂₆	144 SMG657 DJ DRYCORE NONMETALIC ARM FIG 8	F ₅₆
144 SMG655 SJ DRYCORE FIG 8	F ₂₇	144 SMG657 SJ ADSS	F ₅₇
144 SMG655 SJSA DRYCORE FIG 8	F ₂₈	144 SMG657 DJ ADSS	F ₅₈
144 SMG655 DJSA DRY CORE FIG 8	F ₂₉	144 SMG657 SJ DRYCORE ADSS	F ₅₉
144 SMG655 SJ DRY CORE ARAMID YARN FIG 8	F ₃₀	144 SMG657 DJ DRYCORE ADSS	F ₆₀

Belirlenen alternatif kablolar işletme içerisinde üretilen çok tüplü ürünlerdir. Tüm kabloların birinin muadili olarak kullanılabilecek ortak olan bazı özellikleri şunlardır;

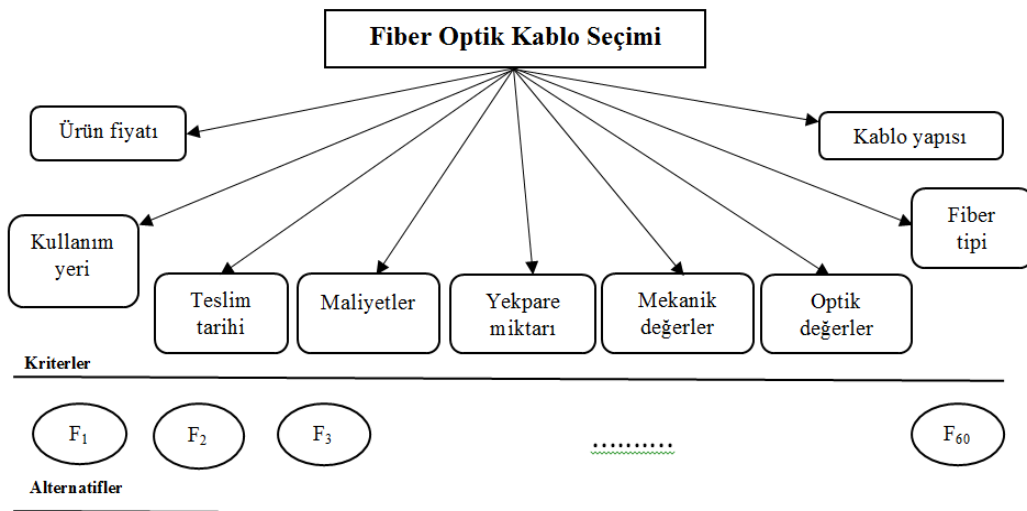
Fiber sayısı: Fiber sayısı tüm ürünler için aynıdır. 144 fiberin seçilmesinin ana sebebi ürünün ana dağıtım şebekesinde rahatlıkla kullanılabilecek durumda olmasıdır.

Mekanik değerler: Tüm kablolar belirli bir alt limitte tüm mekanik değerleri sağlamaktadır. Bununla beraber istenilen mekanik değerler kullanılacak hammadde ile istenilen düzeye getirilebilir.

Optik değerler: Kablolarda kullanılan fiber cinsleri single mode olarak bilinen fiber cinsidir. Sadece zayıflama değerleri farklı dalga boylarında ölçülür.

Alternatif ürünlerin en büyük farklılıkları ise tasarımından kaynaklanmaktadır. Kablo özü jelli olabileceği gibi, “Dry core” kuru öz de kullanılabilir. Kuru kablo cinslerinde suyun kablo içerisinde ilerlemesini önlemek amacıyla kablo özü üzerine şişen bant, ve öz içerisinde şişen ip kullanılmaktadır. Mukavemet elemanı olarak aramid iplik kullanılabileceği gibi cam elyaf olarak bilinen ipliklerde kullanılabilir. Bununla beraber haşere ve diğer canlıların kablo özüne zarar vermemeleri için zırh olarak çelik bantta kullanılabilmektedir. Yine tasarıma bağlı olarak ürün tek veya çift kılıftan meydana gelebilir. Havai ürünlerde kabloyu taşıması amacıyla çelik halat kullanılabileceği gibi yoğun aramid iplerle kendinden destekli olacak şekilde üretim de yapılabilmektedir.

Fiber optik kablo seçim problemi için gerekli kriter ve alternatiflerin belirlenmesinden sonra problemin hiyerarşik yapısı Şekil 4.1’de gösterildiği gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.1. Fiber optik kablo seçimine ait karar hiyerarşisi

4.3.2. Bulanık hibrit ÇKKV hesaplamaları

4.3.2.a. Bulanık DEMATEL hesaplamaları

Veri toplama aşamasında belirlenen ürün seçim probleminin unsurları incelendiğinde, bazı kriterlerin dilsel yargılar ve bazı belirsizlikler içerdiği anlaşılmaktadır. Ayrıca kriterler arasında da bağımlılıklar olduğu görülmektedir. Bu durum kriterlerin birbirleri üzerindeki etkilerini dikkate alan kolay ve anlaşılabilir bir yöntem olan bulanık DEMATEL metodunu kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Çalışmada yer alan Bulanık DEMATEL yöntemi, Dalalah *et al.* (2011) tarafından önerildiği gibi uygulanmıştır. Bölüm 3.2’de anlatıldığı gibi, tüm işlemler ve hesaplamalar buna göre yapılmıştır.

Kullanılan dilsel değişkenler ve bu değişkene ait bulanık sayılardan oluşan değerlendirme skalası (Chen 2012) ise şu şekildedir;

Çizelge 4.2. Dilsel değişkenler ve bulanık değerleri

Dilsel Değişken	Bulanık Değer
Aşırı Önemli/Tercih Sebebi(AÖ)	(7,9,9)
Çok Önemli/Tercih Sebebi(ÇÖ)	(5,7,9)
Önemli/Tercih Sebebi(Ö)	(3,5,7)
Az Önemli/Tercih Sebebi(AzÖ)	(1,3,5)
Eşit Önemli/Tercih Sebebi(EÖ)	(1,1,3)

Bu bölümde kriter ağırlıklarının bulunması için bulanık DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Metodun ilk adımı, bulanık direkt ilişki matrisi olan $\tilde{Z}^{(k)}$ ’nın

Çizelge 4.4. Direkt ilişki matrisi

	C ₁			C ₂			C ₃			C ₄			C ₅		
C ₁	0,00	0,00	0,00	5,00	7,00	9,00	3,00	5,00	7,00	5,00	7,00	9,00	5,00	7,00	9,00
C ₂	0,11	0,14	0,20	0,00	0,00	0,00	3,00	5,00	7,00	5,00	7,00	9,00	5,00	7,00	9,00
C ₃	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	0,00	0,00	0,00	7,00	9,00	9,00	1,00	3,00	5,00
C ₄	0,11	0,14	0,20	0,11	0,14	0,20	0,11	0,11	0,14	0,00	0,00	0,00	1,00	3,00	5,00
C ₅	0,11	0,14	0,20	0,11	0,14	0,20	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	1,00	0,00	0,00	0,00
C ₆	0,11	0,11	0,14	0,11	0,11	0,14	0,11	0,14	0,20	0,20	0,33	1,00	0,14	0,20	0,33
C ₇	0,11	0,14	0,20	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	0,33	0,33	1,00	1,00	0,11	0,14	0,20
C ₈	0,11	0,14	0,20	0,14	0,20	0,33	0,11	0,14	0,20	0,33	1,00	1,00	0,20	0,33	1,00
C ₉	0,20	0,33	1,00	0,14	0,20	0,33	0,20	0,33	1,00	0,33	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00
	C ₆			C ₇			C ₈			C ₉					
C ₁	7,00	9,00	9,00	5,00	7,00	9,00	5,00	7,00	9,00	1,00	3,00	5,00			
C ₂	7,00	9,00	9,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00			
C ₃	5,00	7,00	9,00	3,00	5,00	7,00	5,00	7,00	9,00	1,00	3,00	5,00			
C ₄	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00			
C ₅	3,00	5,00	7,00	5,00	7,00	9,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	3,00			
C ₆	0,00	0,00	0,00	5,00	7,00	9,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	5,00			
C ₇	0,11	0,14	0,20	0,00	0,00	0,00	5,00	7,00	9,00	1,00	3,00	5,00			
C ₈	0,33	1,00	1,00	0,11	0,14	0,20	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	3,00			
C ₉	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	1,00	0,33	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00			

Direkt ilişki matrisinden sonra normalize edilmiş direkt ilişki matrisi eşitlik 3.5 ve eşitlik 3.6 kullanılarak oluşturulmuş ve Çizelge 4.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Normalize edilmiş direkt ilişki matrisi

	C ₁			C ₂			C ₃			C ₄			C ₅		
C ₁	0,00	0,00	0,00	0,21	0,20	0,20	0,13	0,15	0,15	0,21	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20
C ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,15	0,15	0,21	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20
C ₃	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,30	0,26	0,20	0,04	0,09	0,11
C ₄	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,09	0,11
C ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00
C ₆	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
C ₇	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00
C ₈	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
C ₉	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02
	C ₆			C ₇			C ₈			C ₉					
C ₁	0,30	0,26	0,20	0,21	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20	0,04	0,09	0,11			
C ₂	0,30	0,26	0,20	0,13	0,15	0,15	0,13	0,15	0,15	0,13	0,15	0,15			
C ₃	0,21	0,20	0,20	0,13	0,15	0,15	0,21	0,20	0,20	0,04	0,09	0,11			
C ₄	0,04	0,09	0,11	0,04	0,03	0,07	0,04	0,03	0,07	0,04	0,03	0,07			
C ₅	0,13	0,15	0,15	0,21	0,20	0,20	0,04	0,09	0,11	0,04	0,03	0,07			
C ₆	0,00	0,00	0,00	0,21	0,20	0,20	0,04	0,03	0,07	0,04	0,09	0,11			
C ₇	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,20	0,20	0,04	0,09	0,11			
C ₈	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	0,07			
C ₉	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00			

Buraya kadar olan normalize edilmiş matrisler, her karar verici için ayrı ayrı hesaplanır. Grup kararı için $\tilde{X}$ matrisi yani başlangıç bulanık direkt ilişki matrisi eşitlik 3.3 ve eşitlik 3.4 kullanılarak oluşturulmuş ve Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. $\tilde{X}$, bulanık başlangıç direkt ilişki matrisi

	C ₁			C ₂			C ₃			C ₄			C ₅		
C ₁	0,00	0,00	0,00	0,21	0,20	0,20	0,13	0,15	0,15	0,21	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20
C ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,15	0,15	0,21	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20
C ₃	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,30	0,26	0,20	0,04	0,09	0,11
C ₄	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,09	0,11
C ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00
C ₆	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
C ₇	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00
C ₈	0,00	0,00	0,00	0,21	0,20	0,20	0,13	0,15	0,15	0,21	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20
C ₉	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,15	0,15	0,21	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20
	C ₆			C ₇			C ₈			C ₉					
C ₁	0,30	0,26	0,20	0,21	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20	0,04	0,09	0,11			
C ₂	0,30	0,26	0,20	0,13	0,15	0,15	0,13	0,15	0,15	0,13	0,15	0,15			
C ₃	0,21	0,20	0,20	0,13	0,15	0,15	0,21	0,20	0,20	0,04	0,09	0,11			
C ₄	0,04	0,09	0,11	0,04	0,03	0,07	0,04	0,03	0,07	0,04	0,03	0,07			
C ₅	0,13	0,15	0,15	0,21	0,20	0,20	0,04	0,09	0,11	0,04	0,03	0,07			
C ₆	0,00	0,00	0,00	0,21	0,20	0,20	0,04	0,03	0,07	0,04	0,09	0,11			
C ₇	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,20	0,20	0,04	0,09	0,11			
C ₈	0,30	0,26	0,20	0,21	0,20	0,20	0,21	0,20	0,20	0,04	0,09	0,11			
C ₉	0,30	0,26	0,20	0,13	0,15	0,15	0,13	0,15	0,15	0,13	0,15	0,15			

$\tilde{X}$ matrisinin hesaplanmasından sonra $\tilde{T}$, bulanık toplam ilişki matrisi eşitlik 3.7 kullanılarak oluşturulmuş ve Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. $\tilde{T}$, bulanık toplam ilişki matrisi

	C ₁			C ₂			C ₃			C ₄			C ₅		
C ₁	0,01	0,01	0,02	0,23	0,22	0,21	0,17	0,19	0,21	0,33	0,34	0,32	0,29	0,31	0,32
C ₂	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,14	0,16	0,18	0,27	0,28	0,27	0,24	0,26	0,27
C ₃	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,32	0,29	0,23	0,07	0,13	0,16
C ₄	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,09	0,12
C ₅	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,05	0,01	0,01	0,02
C ₆	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,02
C ₇	0,01	0,01	0,02	0,23	0,22	0,21	0,17	0,19	0,21	0,33	0,34	0,32	0,29	0,31	0,32
C ₈	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,14	0,16	0,18	0,27	0,28	0,27	0,24	0,26	0,27
C ₉	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,32	0,29	0,23	0,07	0,13	0,16
	C ₆			C ₇			C ₈			C ₉					
C ₁	0,46	0,45	0,38	0,44	0,43	0,43	0,42	0,42	0,44	0,16	0,24	0,33			
C ₂	0,38	0,37	0,32	0,30	0,31	0,33	0,26	0,29	0,33	0,20	0,25	0,30			
C ₃	0,25	0,27	0,27	0,22	0,24	0,27	0,29	0,29	0,31	0,09	0,16	0,22			
C ₄	0,06	0,11	0,14	0,07	0,07	0,13	0,07	0,06	0,12	0,05	0,05	0,12			
C ₅	0,14	0,16	0,18	0,25	0,25	0,25	0,11	0,15	0,19	0,07	0,07	0,14			
C ₆	0,01	0,01	0,02	0,22	0,22	0,22	0,10	0,08	0,12	0,06	0,11	0,15			
C ₇	0,46	0,45	0,38	0,44	0,43	0,43	0,42	0,42	0,44	0,16	0,24	0,33			
C ₈	0,38	0,37	0,32	0,30	0,31	0,33	0,26	0,29	0,33	0,20	0,25	0,30			
C ₉	0,25	0,27	0,27	0,22	0,24	0,27	0,29	0,29	0,31	0,09	0,16	0,22			

$\tilde{T}$, bulanık toplam ilişki matrisinden eşitlik 3.8 ve eşitlik 3.9 kullanılarak $\tilde{D}_i$ ve $\tilde{R}_i$ değerleri ve daha sonra eşitlik 3.2 kullanılarak $\tilde{D}_i^{def}$ ve $\tilde{R}_i^{def}$ değerleri bulunmuştur. Son olarak eşitlik 3.10 ve eşitlik 3.11'in kullanılmasıyla ω_i ve kriter ağırlıkları w_i elde edilmiş ve Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Kriter ağırlıkları

	$\tilde{D}_i$			$\tilde{R}_i$			$\tilde{D}_i^{def}$	$\tilde{R}_i^{def}$	$\tilde{D}_i^{def} + \tilde{R}_i^{def}$	$\tilde{D}_i^{def} - \tilde{R}_i^{def}$	ω_i	w_i
C₁	2,523	2,618	2,668	0,082	0,079	0,120	2,607	0,090	2,697	2,517	3,689	1
C₂	1,825	1,953	2,029	0,307	0,294	0,313	1,940	0,302	2,242	1,638	2,777	0.75
C₃	1,273	1,420	1,513	0,380	0,425	0,517	1,406	0,437	1,843	0,969	2,082	0.56
C₄	0,326	0,426	0,681	1,044	1,105	1,044	0,465	1,075	1,539	-0,610	1,656	0.45
C₅	0,632	0,713	0,880	0,722	0,898	1,008	0,735	0,882	1,616	-0,147	1,623	0.44
C₆	0,449	0,490	0,601	1,366	1,473	1,428	0,508	1,435	1,942	-0,927	2,152	0.58
C₇	0,373	0,448	0,498	1,547	1,592	1,717	0,442	1,612	2,054	-1,171	2,364	0.64
C₈	0,152	0,185	0,254	1,509	1,579	1,812	0,194	1,620	1,814	-1,426	2,307	0.62
C₉	0,148	0,229	0,328	0,743	1,037	1,493	0,234	1,078	1,311	-0,844	1,560	0.42

Bu değerlendirmenin sonunda C_1 kriteri yani “ürünün fiyatı” en önemli kriter olarak belirlenmiştir.

4.3.2.a. Bulanık VIKOR&GİA hesaplamaları

Kriter ağırlıklarının hesaplanmasından sonra $\tilde{Q}_i$ değerlerinin belirlenebilmesi için bulanık VIKOR&GİA yönteminden faydalanılmıştır.

Karar vericilerden Çizelge 4.2’yi kullanarak, aşamanın ilk adımı olan kriterlere göre alternatifleri dilsel değişkenlerle değerlendirmeleri istenmiştir (**EK 2**). Çizelge 4.9 satış mühendisine ait bu değerlendirmeleri göstermektedir. Daha sonra bu matris Çizelge 4.10’da bulanık sayılarla ifade edilmiştir.

Çizelge 4.9. Satış mühendisine ait karşılaştırma matrisi

	C₁	C₂	C₃	C₄	C₅
F₁	AzÖ	ÇÖ	AzÖ	EÖ	AzÖ
F₂	AzÖ	ÇÖ	AzÖ	EÖ	AzÖ
F₃	AzÖ	ÇÖ	AzÖ	EÖ	AzÖ
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
F₆₀	ÇÖ	AzÖ	AÖ	EÖ	AÖ
	C₆	C₇	C₈	C₉	
F₁	EÖ	Ö	AzÖ	Ö	
F₂	EÖ	Ö	AzÖ	EÖ	
F₃	EÖ	Ö	AzÖ	EÖ	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
.	.	.	.	.	
F₆₀	AzÖ	EÖ	AÖ	EÖ	

Çizelge 4.10. Satış mühendisine ait bulanık karşılaştırma matrisi

	C₁			C₂			C₃			C₄			C₅		
F₁	1	3	5	5	7	9	1	3	5	1	1	3	1	3	5
F₂	1	3	5	5	7	9	1	3	5	1	1	3	1	3	5
F₃	1	3	5	5	7	9	1	3	5	1	1	3	1	3	5
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
F₆₀	5	7	9	1	3	5	7	9	9	1	1	3	7	9	9
	C₆			C₇			C₈			C₉					
F₁	1	1	3	3	5	7	1	3	5	3	5	7			
F₂	1	1	3	3	5	7	1	3	5	1	1	3			
F₃	1	1	3	3	5	7	1	3	5	1	1	3			
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
F₆₀	1	3	5	1	1	3	7	9	9	1	1	3			

Bu değerlendirmelerin her bir karar verici tarafından yapılmasından sonra grup kararını elde edebilmek için, eşitlik 3.31 kullanılarak $\tilde{D}$ bulanık performans matrisi hesaplanmış ve Çizelge 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. $\tilde{D}$ bulanık performans matrisi

	C ₁			C ₂			C ₃			C ₄			C ₅		
F ₁	1,00	3,00	5,00	5,00	7,00	9,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	5,00
F ₂	1,00	3,00	5,00	5,00	7,00	9,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	5,00
F ₃	1,00	3,00	5,00	5,00	7,00	9,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	3,00	1,00	3,00	5,00
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
F ₆₀	4,50	6,50	8,50	1,00	3,00	5,00	7,00	9,00	9,00	1,00	1,00	3,00	7,00	9,00	9,00
	C ₆			C ₇			C ₈			C ₉					
F ₁	1,00	1,00	3,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	2,50	4,00	6,00			
F ₂	1,00	1,00	3,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	3,00			
F ₃	1,00	1,00	3,00	3,00	5,00	7,00	3,00	5,00	7,00	1,00	1,00	3,00			
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
F ₆₀	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	3,00	6,00	8,00	9,00	1,00	1,00	3,00			

Bu matris daha sonra eşitlik 3.25 kullanılarak normalize edilmiş ve Çizelge 5.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. Normalize edilmiş bulanık performans matrisi

	C ₁			C ₂			C ₃			C ₄			C ₅		
F ₁	0,12	0,35	0,59	0,56	0,78	1,00	0,11	0,33	0,56	0,22	0,22	0,67	0,11	0,33	0,56
F ₂	0,12	0,35	0,59	0,56	0,78	1,00	0,11	0,33	0,56	0,22	0,22	0,67	0,11	0,33	0,56
F ₃	0,12	0,35	0,59	0,56	0,78	1,00	0,11	0,33	0,56	0,22	0,22	0,67	0,11	0,33	0,56
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
F ₆₀	0,53	0,76	1,00	0,11	0,33	0,56	0,78	1,00	1,00	0,22	0,22	0,67	0,78	1,00	1,00
	C ₆			C ₇			C ₈			C ₉					
F ₁	0,20	0,20	0,60	0,43	0,71	1,00	0,43	0,71	1,00	0,36	0,57	0,86			
F ₂	0,20	0,20	0,60	0,43	0,71	1,00	0,43	0,71	1,00	0,14	0,14	0,43			
F ₃	0,20	0,20	0,60	0,43	0,71	1,00	0,43	0,71	1,00	0,14	0,14	0,43			
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.			
F ₆₀	0,20	0,60	1,00	0,14	0,14	0,43	0,67	0,89	1,00	0,13	0,13	0,40			

Normalize edilen bulanık $\tilde{R}$ matrisinden eşitlik 3.32 kullanılarak pozitif ideal A^* ve negatif ideal A^- noktalar tespit edilmiştir.

$$A^* = ((0.7059, 0.9412, 1.00), (0.5556, 0.7778, 1.00), (0.7778, 1.00, 1.00), (0.2222, 0.5556, 1.00), (0.7778, 1.00, 1.00), (0.20, 0.60, 1.00), (0.4286, 0.7143, 1.00), (0.8571, 1.1429, 1.2857), (0.5714, 0.7857, 1.0714))$$

$$A^- = ((0.1176, 0.3529, 0.5882), (0.1111, 0.2778, 0.5000), (0.1111, 0.3333, 0.5556), (0.2222, 0.2222, 0.6667), (0.1111, 0.3333, 0.5556), (0.20, 0.20, 0.60), (0.1429, 0.1429, 0.4286), (0.2857, 0.5714, 0.8571), (0.1429, 0.1429, 0.4286))$$

Bu noktaların bulunmasından sonra eşitlik 3.33 kullanılarak göre ağırlıklandırılmış pozitif ve negatif bulanık gri ilişkisel katsayılar hesaplanmış ve Çizelge 5.13 ve Çizelge 5.14’de gösterilmiştir. Bu formülde yer alan kriter ağırlıkları w_i değerleri bulanık DEMATEL yönteminden elde edilen Çizelge 5.8’de yer alan değerlerdir. Ayırt edici katsayısı olan $\zeta \in [0,1]$, çoğunlukla 0,5 kullanılmasından dolayı çalışmada da 0,5 olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 4.13. Her bir alternatife ait ağırlıklandırılmış pozitif bulanık gri ilişkisel katsayı matrisi

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
F ₁	38,410	75,270	21,006	19,721	16,370	23,498	64,090	32,151	14,093
F ₂	38,410	75,270	21,006	19,721	16,370	23,498	64,090	32,151	14,093
F ₃	38,410	75,270	21,006	19,721	16,370	23,498	64,090	32,151	14,093
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
F ₆₀	69,875	29,213	56,450	19,721	43,990	58,340	21,835	62,550	14,093

Çizelge 4.14. Her bir alternatife ait ağırlıklandırılmış negatif bulanık gri ilişkisel katsayı matrisi

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
F ₁	100,000	32,947	56,450	44,880	43,990	58,340	26,520	43,109	21,448
F ₂	100,000	32,947	56,450	44,880	43,990	58,340	26,520	43,109	42,280
F ₃	100,000	32,947	56,450	44,880	43,990	58,340	26,520	43,109	42,280
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
F ₆₀	55,387	82,854	18,817	44,880	14,663	28,286	64,090	23,451	42,280

Ağırlıklandırılmış pozitif ve negatif bulanık gri ilişkisel katsayılar hesaplanmasından sonra eşitlik 3.35 ve eşitlik 3.36 kullanılarak, S_i , R_i ve eşitlik 3.20 kullanılarak $\tilde{Q}_i$ değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.15’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. Altmış alternatifin değerlendirilme matrisi

F_i	$\tilde{S}_i$	$\tilde{R}_i$	$\tilde{Q}_i (V = 0,5)$	SIRALAMA
F_1	309,120	100,000	0,803	55
F_2	309,120	100,000	0,803	56
F_3	309,120	100,000	0,803	57
F_4	322,935	67,803	0,241	18
F_5	313,413	100,000	0,784	54
F_6	322,935	67,803	0,241	19
F_7	309,120	100,000	0,803	58
F_8	331,946	100,000	0,701	53
F_9	341,468	67,803	0,158	7
F_{10}	336,240	100,000	0,682	51
F_{11}	336,240	100,000	0,682	52
F_{12}	345,761	67,803	0,139	6
F_{13}	309,120	100,000	0,803	59
F_{14}	318,641	67,803	0,260	20
F_{15}	309,120	100,000	0,803	60
F_{16}	318,641	67,803	0,260	21
F_{17}	352,248	100,000	0,610	44
F_{18}	361,770	67,803	0,068	1
F_{19}	352,248	100,000	0,610	45
F_{20}	361,770	67,803	0,068	2
F_{21}	264,931	75,270	0,616	46

Çizelge 4.15. (devam)

F₂₂	264,931	75,270	0,616	47
F₂₃	295,536	75,270	0,479	36
F₂₄	272,167	75,270	0,584	42
F₂₅	272,167	75,270	0,584	43
F₂₆	302,772	75,270	0,447	35
F₂₇	264,931	75,270	0,616	48
F₂₈	287,757	75,270	0,514	41
F₂₉	318,363	75,270	0,377	32
F₃₀	294,994	75,270	0,482	39
F₃₁	294,994	75,270	0,482	40
F₃₂	325,599	75,270	0,345	31
F₃₃	264,931	75,270	0,616	49
F₃₄	295,536	75,270	0,479	37
F₃₅	264,931	75,270	0,616	50
F₃₆	295,536	75,270	0,479	38
F₃₇	310,897	75,270	0,411	33
F₃₈	341,502	75,270	0,274	22
F₃₉	310,897	75,270	0,411	34
F₄₀	341,502	75,270	0,274	23
F₄₁	326,693	73,026	0,305	24
F₄₂	326,693	73,026	0,305	25
F₄₃	344,423	73,026	0,226	14
F₄₄	326,693	73,026	0,305	26
F₄₅	326,693	73,026	0,305	27
F₄₆	344,423	73,026	0,226	15

Çizelge 4.15. (devam)

F₄₇	326,693	73,026	0,305	28
F₄₈	349,519	73,026	0,203	10
F₄₉	367,250	73,026	0,124	4
F₅₀	349,519	73,026	0,203	11
F₅₁	349,519	73,026	0,203	12
F₅₂	367,250	73,026	0,124	5
F₅₃	326,693	73,026	0,305	29
F₅₄	344,423	73,026	0,226	16
F₅₅	326,693	73,026	0,305	30
F₅₆	344,423	73,026	0,226	17
F₅₇	359,202	73,026	0,160	8
F₅₈	376,932	73,026	0,081	3
F₅₉	359,202	73,026	0,160	9
F₆₀	376,932	81,302	0,210	13

4.3.2.b. 0-1 hedef programlama

Çalışmada, beş amaç için yapılandırılmış 0-1 HP yönteminden faydalanılarak, problem çözülmeye çalışılmıştır. Bulanık bütünleşik ÇKKV modelinden elde edilen çözüm, 0-1 HP modelinin içine dahil edilmeden önce öncelik değerlerinin yani $\tilde{Q}_i$ indeks değerlerinin tersi alınmış ve bu değerler normalize edilmiş ve Çizelge 5.16'da gösterilmiştir. Yapılandırılmış 0-1 HP modelinin amaç fonksiyonunda amaçlara ait katsayılar karar verme takımı tarafından belirlenmiştir.

Çizelge 4.16. Normalize $\tilde{Q}_i^r$ değerleri

F_i	$\tilde{Q}_i$	$\tilde{Q}_i^r$	Normalize $\tilde{Q}_i^r$	F_i	$\tilde{Q}_i$	$\tilde{Q}_i^r$	Normalize $\tilde{Q}_i^r$
F_1	0,812	1,232	0,007	F_{31}	0,530	1,885	0,010
F_2	0,812	1,232	0,007	F_{32}	0,399	2,506	0,013
F_3	0,812	1,232	0,007	F_{33}	0,672	1,489	0,008
F_4	0,251	3,980	0,021	F_{34}	0,540	1,851	0,010
F_5	0,793	1,261	0,007	F_{35}	0,672	1,489	0,008
F_6	0,251	3,980	0,021	F_{36}	0,540	1,851	0,010
F_7	0,812	1,232	0,007	F_{37}	0,461	2,168	0,012
F_8	0,702	1,425	0,008	F_{38}	0,330	3,032	0,016
F_9	0,160	6,239	0,033	F_{39}	0,461	2,168	0,012
F_{10}	0,683	1,464	0,008	F_{40}	0,330	3,032	0,016
F_{11}	0,683	1,464	0,008	F_{41}	0,364	2,746	0,015
F_{12}	0,141	7,068	0,038	F_{42}	0,364	2,746	0,015
F_{13}	0,812	1,232	0,007	F_{43}	0,287	3,483	0,018
F_{14}	0,270	3,703	0,020	F_{44}	0,364	2,746	0,015
F_{15}	0,812	1,232	0,007	F_{45}	0,364	2,746	0,015
F_{16}	0,270	3,703	0,020	F_{46}	0,287	3,483	0,018
F_{17}	0,613	1,630	0,009	F_{47}	0,364	2,746	0,015
F_{18}	0,072	13,955	0,074	F_{48}	0,254	3,931	0,021
F_{19}	0,613	1,630	0,009	F_{49}	0,177	5,637	0,030
F_{20}	0,072	13,955	0,074	F_{50}	0,254	3,931	0,021
F_{21}	0,672	1,489	0,008	F_{51}	0,254	3,931	0,021
F_{22}	0,672	1,489	0,008	F_{52}	0,177	5,637	0,030
F_{23}	0,540	1,851	0,010	F_{53}	0,364	2,746	0,015
F_{24}	0,640	1,562	0,008	F_{54}	0,287	3,483	0,018
F_{25}	0,640	1,562	0,008	F_{55}	0,364	2,746	0,015
F_{26}	0,509	1,966	0,010	F_{56}	0,287	3,483	0,018

Çizelge 4.16. (devam)

F₂₇	0,672	1,489	0,008	F₅₇	0,212	4,714	0,025
F₂₈	0,562	1,780	0,009	F₅₈	0,135	7,399	0,039
F₂₉	0,431	2,323	0,012	F₅₉	0,212	4,714	0,025
F₃₀	0,530	1,885	0,010	F₆₀	0,272	3,672	0,019

Modelde yer alan amaçlar şöyledir;

1. Fiyat (a_i) amacı: Ürünlerin maliyetini km/\$ olarak hem müşteri hem de firma açısından değerlendirilmesini içermektedir. Yani müşteri ucuz ürün istemekte, firma ise mümkün oldukça ürün maliyetlerini aşağı çekmeye çalışmaktadır. Dolayısı ile çözüm kümesinde bu amaç mümkün oldukça minimize edilmek istenmektedir.

2. Kar Oranı (b_i) amacı: Km başına kar oranıdır. Firma mümkün oldukça kar oranları yüksek olan ürünleri satmak istemektedir. Ancak müşteri için kar oranı yüksek olan ürünler maliyet açısından yüksek gelebilir. Dolayısı ile çözüm kümesinde bu amaç mümkün oldukça maksimize edilmek istenmektedir.

3. Teslim süresi (c_i) amacı: Firma tarafından siparişlere hafta olarak verilen teslim zamanıdır. Firma mümkün oldukça işletmeyi rahatlatma ve daha fazla iş yükü alabilmek için teslim sürelerini uzun tutmak istemekte, müşteriler ise kısa sürede ürünlerini teslim almak istemektedirler. Dolayısı ile çözüm kümesinde bu amaç mümkün oldukça minimize edilmek istenmektedir.

4. Üretim zorluğu (d_i) amacı: Firmanın üretim esnasında karşılaştığı olumsuz ürün yüzdesidir. Bilindiği gibi fiber optik kabloların üretim süreci oldukça detaylı işçilik gerektirmektedir ve hatalı üretimlerin geri dönüşümü olmamaktadır. Firma üretimi daha zor olan ve risk içeren ürünler üretmek istememektedir. Dolayısı ile çözüm kümesinde bu amaç mümkün oldukça minimize edilmek istenmektedir.

5. ÇKKV Katsayısı (e_i) : Daha önceki bölümde çözümü yapılan ÇKKV modelinden elde edilen alternatif önceliklerinin 0-1 HP modeline katılması için $\tilde{Q}_i$ değerleri kullanılmıştır. Bu değerlerin 0-1 HP modeline dâhil edebilmek için çarpmaya göre tersleri alınmış ve daha sonra normalize edilmiştir. Böylece 0-1 HP modelinin ilk dört amaca göre seçilen adaylar içerisinde, ÇKKV modelinden elde edilen önceliklere göre seçim yaparak nihai çözüm sonucuna ulaşılması sağlanmıştır.

0-1 HP modelinde bulunan amaçların alternatiflere göre değerleri Çizelge 5.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.17. 0-1 HP modelinin kurulmasında kullanılacak olan değerler

	Fiyat (\$/km)	Kar oranı (%)	Teslim Süresi (hafta)	Üretim Zorluğu
F₁	2,53	15	3	2,50
F₂	2,65	15,25	3	4,00
F₃	2,75	17	4	4,25
F₄	2,89	16	3	2,75
F₅	3,02	16,25	3	4,25
F₆	3,12	16,5	4	4,50
F₇	3,00	15,25	3	2,00
F₈	3,12	15,5	3	3,50
F₉	3,22	17,25	4	3,75
F₁₀	3,41	16,25	3	2,25
F₁₁	3,55	16,5	3	3,75
F₁₂	3,65	16,75	4	4,00
F₁₃	3,01	15,75	3	1,50
F₁₄	3,11	16	4	1,75
F₁₅	3,52	16	3	1,00
F₁₆	3,62	16,25	4	1,25

Çizelge 4.17. (devam)

F ₁₇	2,40	18	3	1,50
F ₁₈	2,49	19	4	1,75
F ₁₉	2,84	18,25	3	1,00
F ₂₀	2,93	18,5	4	1,25
F ₂₁	4,50	20	5	2,25
F ₂₂	4,63	20,25	5	3,75
F ₂₃	4,72	22	6	4,00
F ₂₄	5,12	21	5	2,50
F ₂₅	5,26	21,25	5	4,00
F ₂₆	5,36	21,5	6	4,25
F ₂₇	4,97	20,25	5	1,75
F ₂₈	5,09	20,5	5	3,25
F ₂₉	5,18	22,25	6	3,50
F ₃₀	5,65	21,25	5	2,00
F ₃₁	5,79	21,5	5	3,50
F ₃₂	5,89	21,75	6	3,75
F ₃₃	5,16	20,75	5	1,25
F ₃₄	5,26	21	6	1,50
F ₃₅	5,67	21	5	0,75
F ₃₆	5,77	21,25	6	1,00
F ₃₇	4,37	23	5	1,25
F ₃₈	4,46	24	6	1,50
F ₃₉	4,81	23,25	5	0,75
F ₄₀	4,90	23,5	6	1,00
F ₄₁	3,50	17	7	2,00
F ₄₂	3,62	17,25	7	3,50
F ₄₃	3,72	19	8	3,75

Çizelge 4.17. (devam)

F ₄₄	3,98	18	7	2,25
F ₄₅	4,12	18,25	7	3,75
F ₄₆	4,22	18,5	8	4,00
F ₄₇	3,97	17,25	7	1,50
F ₄₈	4,09	17,5	7	3,00
F ₄₉	4,18	19,25	8	3,25
F ₅₀	4,51	18,25	7	1,75
F ₅₁	4,65	18,5	7	3,25
F ₅₂	4,75	18,75	8	3,50
F ₅₃	4,06	17,75	7	1,00
F ₅₄	4,16	18	8	1,25
F ₅₅	4,57	18	7	0,50
F ₅₆	4,67	18,25	8	0,75
F ₅₇	3,37	20	7	1,00
F ₅₈	3,46	21	8	1,25
F ₅₉	3,81	20,25	7	0,50
F ₆₀	3,90	20,5	8	0,75

Yukarıda anlatılan amaçlara uygun olarak kurulan 0-1 HP modeli aşağıdaki gibidir.

$$\min z \quad 0.20d_1^+ + 0.10d_2^- + 0.15d_3^+ + 0.05d_4^+ + 0.50 \sum_{i=1}^{S=60} \tilde{Q}_i^r d_{5i}^- \quad (5.1)$$

$$\sum_1^{60} (a_i * x_i) + d_1^- - d_1^+ = \dots \quad (5.2)$$

$$\sum_1^{60} (b_i * x_i) + d_2^- - d_2^+ = \dots \quad (5.3)$$

$$\sum_1^{60}(c_i * x_i) + d_3^- - d_3^+ = \dots \quad (5.4)$$

$$\sum_1^{60}(d_i * x_i) + d_4^- - d_4^+ = \dots \quad (5.5)$$

$$x_i + d_{5i}^- = 1 \quad (5.6)$$

$$x_i = 0 \text{ or } 1 \quad i=1,2,3 \dots 60 \quad (5.7)$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0, \quad i=1,2,3,4 \quad (5.8)$$

$$d_{5i}^- \geq 0, \quad i=1,2,3 \dots 60 \quad (5.9)$$

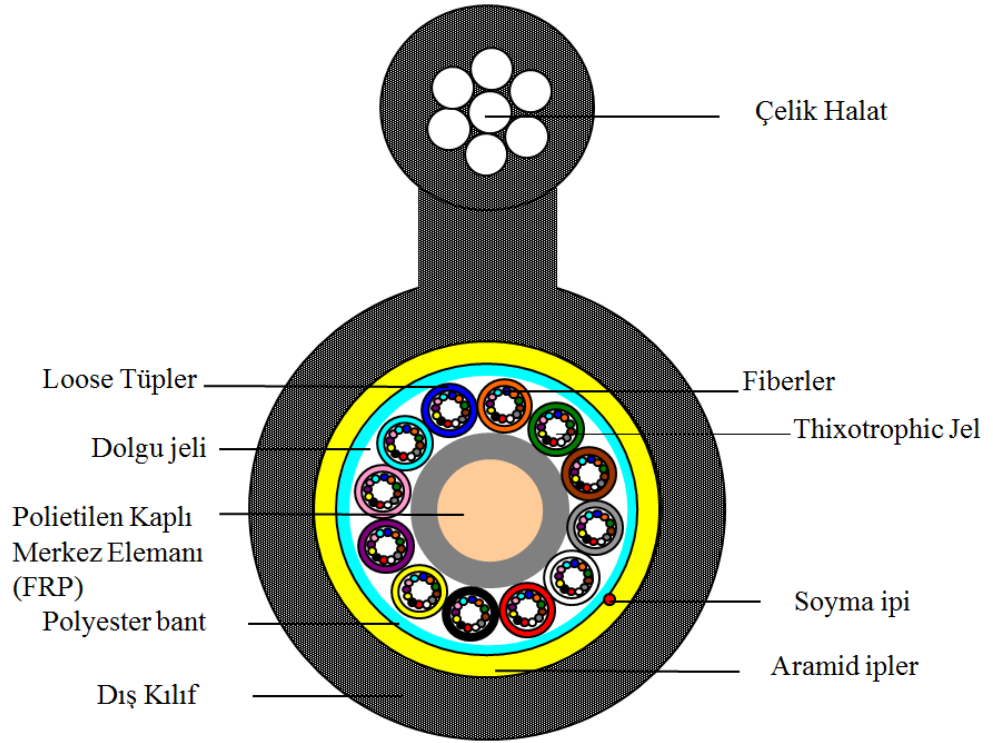
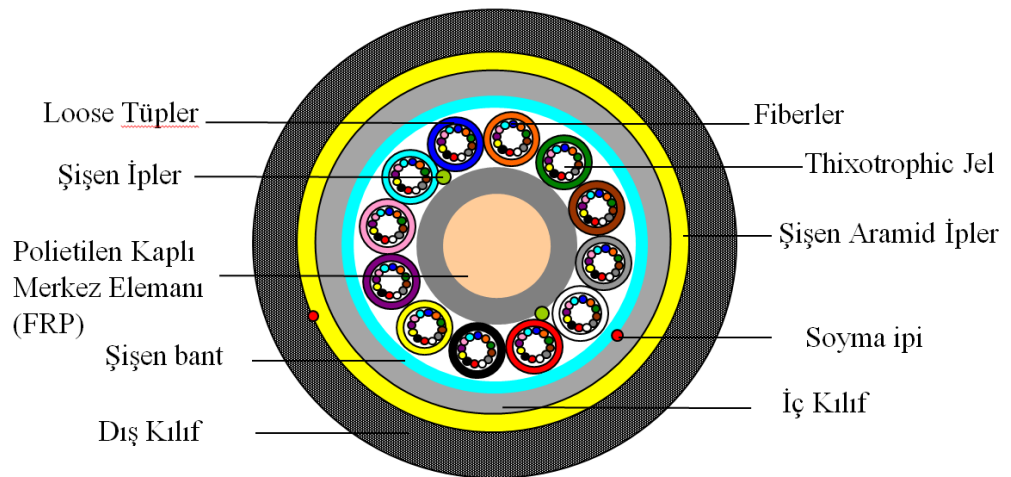
Yukarıda kurulan modelde, eşitlik 5.1, problemin belirlenen amaçlarından istenmeyen ağırlıklandırılmış sapmaların toplamının en küçüklendiği çelişen amaçlara yönelik amaç fonksiyonudur. Klasik 0-1 HP modellerine ilave olarak, modeldeki amaç fonksiyonuna her bir alternatif için bulanık bütünleşik ÇKKV modelinden gelen değerler ile r_i^- sapma değişkenlerinin çarpımları da toplanarak eklenmiştir. Eşitlik 5.2, fiyat kısıtı, eşitlik 5.3, kar oranı kısıtı, eşitlik 5.4, teslim süresi kısıtı, eşitlik 5.5, üretim zorluğu kısıtıdır. Eşitlik 5.6 ise, ÇKKV modelinden gelen değerler ile seçilmesi olası alternatiflerin toplamlarının 1'e eşit olmasını belirten kısıttır. Alternatifler arasından i. ürünün seçilmesi durumunda, o ürüne ait sapma değişkeni(d_i) 0 değerini ve bu durumda x_i 1 değerini almaktadır. Eşitlik 5.7, eşitlik 5.8 ve eşitlik 5.9 kullanılan değişkenlerin negatif olmama durumlarını temsil eden işaret kısıtlarıdır.

Müşteri taleplerine göre şekillenebilen model, beş farklı senaryo için beş farklı senaryo için GAMS/CPLEX win 64 24.3.1 programında çözülmüş ve aşağıdaki Çizelge 5.18'de yer alan sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.18. Senaryolar ve sonuçlar

Senaryo	Ürün Fiyatı (\$/km)	Kar Oranı (%)	Teslim Tarihi (Hafta)	Üretim Zorluğu (%)	Çözüm
1	6000	21	7	4,50	F_4 veya F_{20}
2	5500	18	8	3,50	F_{18} veya F_{20}
3	4500	16	6	3,00	F_{20}
4	4000	16,5	6	3,00	F_{18}
5	5000	19,5	7	3,00	F_{17} veya F_{18}

Senaryo 1'e göre, müşteri firmadan 6000 \$'a kadar alım yapabileceği, teslim süresinin en fazla 7 hafta olabilecek bir ürün istemektedir. İşletme ise, kar oranını minimum % 21 ve üzerinde, üretim zorluğunu da maksimum % 4,5 olarak belirlemiştir. Bu şartlar altında modelin bize verdiği çözüm F_4 144 SMG652D SJ ARAMİD YARN FIG 8 veya F_{20} 144 SMG652D DJ DRY CORE ADSS olmuştur ve seçilen ürünlerin kesit resimleri Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

F₄ 144 SMG652D SJ ARAMİD YARN FIG 8F₂₀ 144 SMG652D DJ DRY CORE ADSS

Şekil 4.2. Senaryo 1'e göre seçilen ürünlerin kesit resimleri

4.4. Duyarlılık Analizi ve Karşılaştırma

Önerilen bulanık bütünleşik ÇKKV-(0-1) HP yaklaşımı diğer ÇKKV yöntem ve modelleri ile 0-1 HP modellerinden farklılıklar göstermektedir.

Bulanık bütünleşik ÇKKV hesaplamaları aşamasında kriterler, bulanık DEMATEL yöntemi ile Dalalah *et al.* (2011) tarafından yapılan çalışmada önerdiği modifiye edilmiş versiyonundan faydalanılarak değerlendirilmiştir. Bulanık DEMATEL metodu genellikle ANP ile beraber kullanılmaktadır. ANP yöntemi farklı ÇKKV Problemlerinin çözümünde kullanılmıştır. Fakat geleneksel ANP'deki ağırlıklandırılmamış süper matrisin normalize edilmesi makul değildir. Çünkü her küme için eşit ağırlık varsayımı kullanılarak öncül değerler elde edilir. Kümeler (Kriterler ve Alternatiflerden oluşan) arasındaki farklı ilişki yapısı dikkate alınmaz. Bu bakımdan gerçek dünya problemlerine ait alternatif ve kriterler arasındaki bağımlılık ve geri bildirim problemlerinin üstesinden gelmek için DEMATEL yöntemi kullanılmalıdır. DEMATEL yöntemi ile belirlenen kümeler arasındaki ilişki yapısı ANP'de normalize edilmiş süper matriste kullanılarak problemin çözümüne ulaşılmaktadır. Ancak fazla sayıda alternatif veya kriteri olan problemler için oldukça fazla miktarda işlem yükünü beraberinde getirmektedir. Bu bakımdan modifiye edilmiş DEMATEL yöntemi ile hem geleneksel ANP'nin karşılaştığı problemlerden hem de DANP(DEMATEL&ANP)'nin işlem yükünden kurtulmuş olunur.

Alternatiflerin değerlendirilmesi ise, bulanık VIKOR&GİA modeli ile yapılmıştır. Önerilen yaklaşımın bu çalışmadan en önemli farkı bulanık VIKOR yöntemine bulanık DEMATEL yönteminden elde edilen kriter ağırlıklarının kullanılarak ağırlıklandırılmış GİA katsayısının katılmasıdır. Yani alternatif öncelikleri olan $\tilde{Q}_i$ indeks değerleri kriterler arasındaki ilişkiler dikkate alınarak bulunmuş ve bulanık VIKOR&GİA yöntemine katkı sağlanmıştır. Böylelikle üç metot bütünleşik bir şekilde literatürde ilk kez kullanılmıştır.

Kuo and Liang (2011) tarafından yapılan çalışmada GİA katsayısının hesaplanmasında kullanılan çözme katsayısı $\zeta = 0.1$ değerinden $\zeta = 1$ değerine kadar 10 farklı değerde alınarak duyarlılık analizi yapılmıştır. Dolayısı ile bir ÇKKV yaklaşımına duyarlılık analizi yapılabilir olması da diğer metot ve modellerden farkını ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, söz konusu makalede $\tilde{Q}_i$ değerleri üç farklı maksimum grup faydası stratejisi ağırlığı için ($v=0$, $v=0.5$ ve $v=1$) incelendiğinde çözüm olarak aynı sıralamanın görüldüğü ve dolayısı ile modelin geçerli olduğu öne sürülmüştür. Ayrıca alternatif sayısı arttıkça modelin güvenilirliğinin artacağı belirtilmiştir.

Fakat söz konusu makalede anlatılanın aksine bizim çalışmamızda yapılan duyarlılık analizinde sıralamanın belirli bir noktadan sonra değiştiği Çizelge 5.19’da görüldüğü gibi ortaya çıkmıştır. Ayrıca alternatif sayısı da artırılarak altmış alternatif için duyarlılık analizi yapıldığında yine sıralamanın değiştiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle ürün seçim problemi için bulanık VIKOR&GİA yönteminin güvenilir olduğu söylenemez. Bu sorunun üstesinden gelmek için de bulanık bütünlük ÇKKV modelinden elde edilen sonuçlar bir 0–1 HP modeline entegre edilmiş ve böylece farklı problem senaryolarında amaçların mümkün oldukça fazla miktarda tatmin edildiği en iyi çözümler elde edilmiştir. Bu nedenle çalışmamızda önerilen yaklaşım daha güvenilir bir yaklaşımdır.

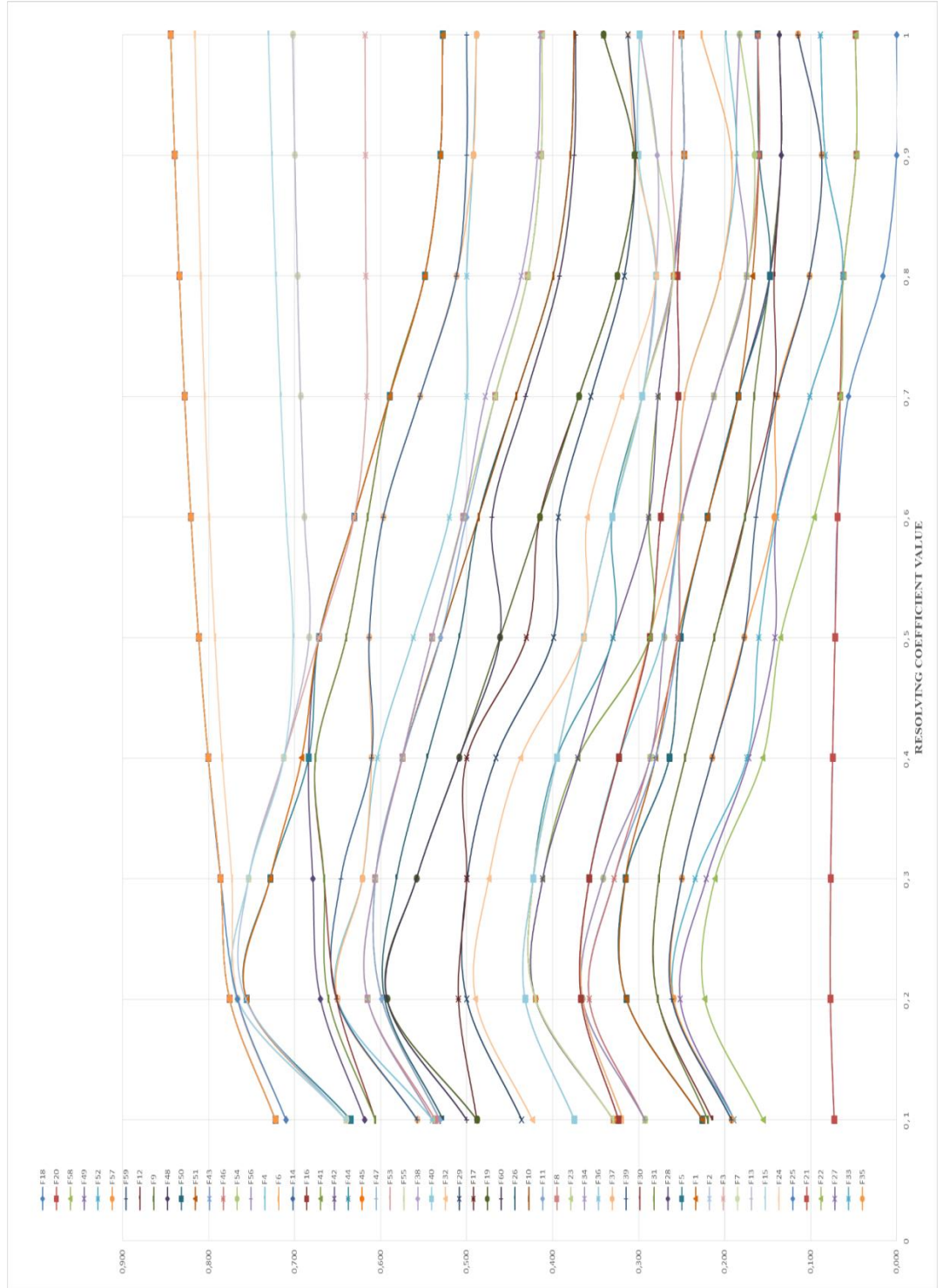
Çizelge 4.19. Duyarlılık analizi ile elde edilen sıralamalar

	$\zeta=0.1$			$\zeta=0.2$			$\zeta=0.3$		
	V=0	V=0.5	V=1	V=0	V=0.5	V=1	V=0	V=0.5	V=1
1 st	F ₁₈ , F ₂₀	F ₁₈ , F ₂₀	F ₅₈ , F ₆₀	F ₁₈ , F ₂₀	F ₁₈ , F ₂₀	F ₅₈ , F ₆₀	F ₁₈ , F ₂₀	F ₁₈ , F ₂₀	F ₅₈ , F ₆₀
2 nd	F ₄ , F ₆	F ₅₈	F ₄₉ , F ₅₂	F ₄ , F ₆	F ₅₈	F ₄₉ , F ₅₂	F ₄ , F ₆	F ₅₈	F ₄₉ , F ₅₂
3 rd	F ₄₁ , F ₄₂	F ₄₉ , F ₅₂	F ₅₇ , F ₅₉	F ₄₁ , F ₄₂	F ₁₂	F ₅₇ , F ₅₉	F ₄₁ , F ₄₂	F ₁₂	F ₅₇ , F ₅₉
4 th	F ₂₁ , F ₂₂	F ₅₇ , F ₅₉	F ₄₈ , F ₅₀	F ₂₁ , F ₂₂	F ₄₉ , F ₅₂	F ₁₈ , F ₂₀	F ₂₁ , F ₂₂	F ₉	F ₁₈ , F ₂₀
5 th	F ₁ , F ₂	F ₁₂	F ₁₈ , F ₂₀	F ₁ , F ₂	F ₉	F ₄₈ , F ₅₀	F ₁ , F ₂	F ₄₉ , F ₅₂	F ₄₈ , F ₅₀

Çizelge 4.19. (devam)

.									
.									
60 th	F ₁₇ , F ₁₉	F ₃₃ , F ₃₅	F ₃₃ , F ₃₅	F ₁₇ , F ₁₉	F ₃₃ , F ₃₅	F ₃₃ , F ₃₅	F ₁₇ , F ₁₉	F ₃₃ , F ₃₅	F ₃₃ , F ₃₅
	ζ=0.4			ζ=0.5			ζ=0.6		
	V=0	V=0.5	V=1	V=0	V=0.5	V=1	V=0	V=0.5	V=1
1 st	F ₁₈ , F ₂₀	F ₁₈ , F ₂₀	F ₅₈ , F ₆₀	F ₄ , F ₆	F ₁₈ , F ₂₀	F ₅₈ , F ₆₀	F ₄ , F ₆	F ₁₈ , F ₂₀	F ₅₈ , F ₆₀
2 nd	F ₄ , F ₆	F ₁₂	F ₄₉ , F ₅₂	F ₄₁ , F ₄₂	F ₅₈	F ₄₉ , F ₅₂	F ₄₁ , F ₄₂	F ₅₈	F ₄₉ , F ₅₂
3 rd	F ₄₁ , F ₄₂	F ₉	F ₅₇ , F ₅₉	F ₂₁ , F ₂₂	F ₁₂	F ₁₈ , F ₂₀	F ₂₁ , F ₂₂	F ₄₉ , F ₅₂	F ₁₈ , F ₂₀
4 th	F ₂₁ , F ₂₂	F ₅₈	F ₁₈ , F ₂₀	F ₁ , F ₂	F ₉	F ₅₇ , F ₅₉	F ₁ , F ₂	F ₁₂	F ₅₇ , F ₅₉
5 th	F ₁ , F ₂	F ₄₉ , F ₅₂	F ₁₇ , F ₁₉	F ₁₇ , F ₁₉	F ₄₉ , F ₅₂	F ₁₇ , F ₁₉	F ₁₇ , F ₁₉	F ₉	F ₁₇ , F ₁₉
.									
.									
.									
60 th	F ₁₇ , F ₁₉	F ₁₃ , F ₁₅	F ₃₃ , F ₃₅	F ₁₇ , F ₁₉	F ₁₃ , F ₁₅	F ₃₃ , F ₃₅	F ₁₇ , F ₁₉	F ₁₃ , F ₁₅	F ₃₃ , F ₃₅
	ζ=0.7			ζ=0.8			ζ=0.9		
	V=0	V=0.5	V=1	V=0	V=0.5	V=1	V=0	V=0.5	V=1
1 st	F ₄ , F ₆	F ₅₈	F ₅₈ , F ₆₀	F ₄ , F ₆	F ₅₈	F ₅₈ , F ₆₀	F ₄₁ , F ₄₂	F ₅₈	F ₅₈ , F ₆₀
2 nd	F ₄₁ , F ₄₂	F ₁₈ , F ₂₀	F ₄₉ , F ₅₂	F ₄₁ , F ₄₂	F ₄₉ , F ₅₂	F ₄₉ , F ₅₂	F ₄ , F ₆	F ₄₉ , F ₅₂	F ₄₉ , F ₅₂
3 rd	F ₂₁ , F ₂₂	F ₄₉ , F ₅₂	F ₁₈ , F ₂₀	F ₂₁ , F ₂₂	F ₁₈ , F ₂₀	F ₁₈ , F ₂₀	F ₂₁ , F ₂₂	F ₁₈ , F ₂₀	F ₁₈ , F ₂₀
4 th	F ₁ , F ₂	F ₅₇ , F ₅₉	F ₅₇ , F ₅₉	F ₁ , F ₂	F ₅₇ , F ₅₉	F ₅₇ , F ₅₉	F ₁ , F ₂	F ₅₇ , F ₅₉	F ₅₇ , F ₅₉
5 th	F ₁₇ , F ₁₉	F ₁₂	F ₁₇ , F ₁₉	F ₁₇ , F ₁₉	F ₁₂	F ₁₇ , F ₁₉	F ₁₇ , F ₁₉	F ₄₈ , F ₅₀	F ₁₇ , F ₁₉
.									
.									
.									
60 th	F ₁₇ , F ₁₉	F ₁₃ , F ₁₅	F ₃₃ , F ₃₅	F ₁₇ , F ₁₉	F ₁₃ , F ₁₅	F ₃₃ , F ₃₅	F ₁₇ , F ₁₉	F ₁₃ , F ₁₅	F ₃₃ , F ₃₅

Çizelge 4.19’da anlatılmak istenen durum Şekil 4.3’de alternatiflerin $\tilde{Q}_i$ değerlerine ait duyarlılık analizi ile ortaya konmuştur.



Şekil 4.3. $\tilde{Q}_i$ değerlerine ait duyarlılık analizi

Son olarak, bu çalışmada geliştirilen 0-1 HP modeli ile klasik 0-1 HP modeli karşılaştırılmış ve önerilen 0-1 HP modelinin daha iyi sonuçlar verdiği Çizelge 5.20’de gösterildiği gibi belirlenmiştir. Klasik 0-1 HP’den farklı olarak geliştirilen 0-1 HP modeli ile hem amaçların ağırlıkları hem de alternatiflerin öncelikleri göz önüne alınarak bir çözüm elde edilmektedir. Çözüm kümesinde birden fazla alternatif olması durumunda bulanık bütünleşik ÇKKV modelinden elde edilen öncelik değerlerine göre en iyi alternatif seçilmektedir. Buna karşın, klasik 0-1 HP’de sadece amaçların ağırlıkları dikkate alınarak çözüm elde edilmektedir. Bu nedenle geliştirilen 0-1 HP modeli, klasik HP modeline göre daha etkin bir modeldir.

Çizelge 4.20. Önerilen modelin klasik bir model ile karşılaştırılması

Senaryo No	Önerilen 0 1 Tam sayılı Hedef Programlama Sonuçları		Klasik 0 1 Tam sayılı Hedef Programlama Sonuçları	
1	F_4	2.89 \$/m 16% 3 hafta 2.75%	F_{32}	5.89 \$/m 21.75% 6 hafta 3.75%
	F_{20}	2.93 \$/m 18.5% 4 hafta 1.25%		
2	F_{18}	2.49 \$/m 19% 4 hafta 1.75%	F_{53}	4.06 \$/m 17.75% 7 hafta 1.00%
	F_{20}	2.93 \$/m 18.5% 4 hafta 1.25%		

Çizelge 4.20. (devam)

3	F_{20}	2.93 \$/m	F_{16}	3.62 \$/m
		18.5%		16.25%
		4 hafta		4 hafta
		1.25%		1.25%
4	F_{18}	2.49 \$/m	F_{20}	2.93 \$/m
		19%		18.5%
		4 hafta		4 hafta
		1.75%		1.25%
5	F_{17}	2.40 \$/m	F_{53}	4.06 \$/m
		18%		
		3 hafta		
		1.50%		
	F_{18}	2.49 \$/m		
		19%		
		4 hafta		
		1.75%		
				7 hafta
				1.00%

Çizelge 4.20’de görüldüğü gibi, örneğin senaryo 1’de önerilen bulanık bütünleşik ÇKKV-(0-1) HP yaklaşımı sonucunda F_4 ve F_{20} alternatifleri seçilirken, klasik HP’de F_{32} alternatifi seçilmiştir. F_4 ve F_{20} alternatiflerinin birim fiyatları, teslim süreleri ve üretim zorluğu değeri, F_{32} alternatifine göre daha düşüktür. Bunun gibi diğer senaryolarda incelenirse önerilen yaklaşımın daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Sonuç olarak, duyarlılık ve karşılaştırma analizleri sonucunda geliştirilen bulanık bütünleşik ÇKKV-(0-1) HP yaklaşımının ürün seçim probleminin çözümü için kullanılabilir ve etkin bir yaklaşım olduğu söylenebilir.

5. SONUÇ

Günümüzde firmalar için en önemli konulardan biri, müşteri ihtiyaçlarına kısa sürede cevap verebilmek ve müşteri memnuniyetini en üst düzeyde tutmaktır. Bu bağlamda işletme faaliyetlerinden biri de geniş ürün yelpazesinin içerisinde müşteri talebini karşılayacak ve müşteriye memnun edebilecek ürün alternatifinin seçilmesidir. En uygun ürün seçimi, fazla miktarda zaman ve uzmanlık gerektiren entelektüel bir süreçtir. Yanlış ürün seçimi işletmenin kendi zararına yapacağı yanlış bir adım olur. Çünkü müşteri bu seçimden olumsuz etkilenecek, müşteri memnuniyeti ve işletmenin pazar payı kümülatif olarak azalacaktır. Bu nedenle ürün seçim problemi için etkin yöntemler kullanılmalı, karar verme süreci detaylandırılarak farklı müşteri ihtiyaçları için farklı çözüm seçenekleri sunulmalıdır.

Bu çalışmada bulanık ortamda birden fazla birbiriyle bağlantılı kriterleri içeren ürün seçim problemi için yeni bir bulanık bütünleşik ÇKKV-(0-1) HP yaklaşımı geliştirilmiştir. İlk aşamada, bulanık DEMATEL(Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Model) ve bulanık VIKOR&GİA yöntemleri ile bütünleşik bir ÇKKV metodu geliştirilmiştir. Bu metod ile kriterler arasındaki bağımlılıklar ve müşterilerden gelen eksik ve belirsiz veri durumunda ürün alternatiflerinin öncelikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada ise, elde edilen bu öncelikler geliştirilen yeni bir 0-1 Hedef Programlama modelinde kullanılmıştır. Önerilen ÇKKV modeli ile sezgisel bir çözüm bulunmuş, bu yerel çözümü global çözüm yapmak amacıyla yapılandırılmış 0-1 HP modeli ile sonuca gidilmiştir. ÇKKV modelinin sonuçları entegre olduğu 0-1 Hedef Programlama modelini etkilemektedir. Çözüm kümesinde birden fazla ürün olduğunda seçim, ÇKKV modelinden gelen öncelik değerine göre olmaktadır. Bu bakımdan bütünleşik yaklaşımın kullanılması daha etkili ve olumlu sonuçlar vermektedir.

Önerilen yaklaşım, Türkiye'nin en önemli kablo üreticilerinden birinde, geniş ürün çeşitliliğinin bulunduğu fiber optik kablo seçim problemi için uygulanmıştır. Kurulan yapılandırılmış 0-1 HP modeli farklı senaryolar için çözülmüştür. Ulaşılan sonuçlar analiz edilmiş, öne sürülen yaklaşımın üstünlüğü üst düzey yöneticiler tarafından da

kabul edilmiştir. Ayrıca karşılaştırmalı analizler ve duyarlılık analizi sonucunda geliştirilen yaklaşımın ürün seçim problemi için geçerli ve güvenilir bir yaklaşım olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu tezin literatüre ana katkısı farklı seçim problemleri için karar vericiler tarafından kullanılabilecek etkin bir seçim yaklaşım sunmasıdır. Ayrıca önerilen yaklaşımın diğer sağladığı katkılar ise şunlardır:

1. Bulanık DEMATEL, bulanık VIKOR&GİA ve 0-1 HP yöntemleri ilk defa bu çalışmada birlikte kullanılmışlardır.
2. Bu çalışma, teorik anlamda fiber optik kablo seçim probleminin ilk kez bir bulanık ÇKKV problemi olarak ele alınması ve pratik anlamda ise ürün tasarımcılarına, satış pazarlama ekibine zaman kazandırması yönünden önemlidir.
3. Önerilen yaklaşım hem müşteri gereksinimlerini, hem de şirketin üretim koşullarını dikkate alan, kapsamlı ve doğru sonuçlar vermektedir.
4. Önerilen yaklaşım karar vericilere; farklı problem senaryoları için parametreleri değiştirerek matematiksel model çözümleri ile en iyi çözümleri elde etme imkânı sağlamaktadır.
5. Karar vericilerin düşünceleri bulanık küme teorisinde kullanılan dilsel değişkenlerden yararlanılarak, sayısal girdi verileri ise matematiksel modelleme ile ürün seçim problemine dâhil edilmiş ve böylece çözüm sürecinde etkili olmaları sağlanmıştır.
6. Önerilen 0-1 Hedef Programlama modelinin klasik HP modellerinden farklı olarak, hedeflerin ağırlıklarını ve olası çözüm kümesinde yer alan alternatiflerin önceliklerini dikkate alarak bir analiz yapmakta ve uygun çözümü vermektedir.

Sonuç olarak, bu tez kapsamında öne sürülen bulanık bütünleşik ÇKKV–(0–1) HP yaklaşımının, ürün seçim problemlerinde etkili sonuçlar veren bir yaklaşım olduğu görülmüştür. Bu tez kapsamında önerilen bu yaklaşım ürün seçim problemi üzerine uygulanmış olsa da, tedarikçi seçimi, materyal seçimi, yer seçimi, proje seçimi gibi diğer seçim problemlerine de birkaç düzenleme ile uygulanabilecek niteliktedir. Ayrıca, kullanıcı dostu bir karar destek sistemi ile bu yaklaşımın; tasarımcılar ve mühendisler

tarafından daha kolay ve etkin bir şekilde kullanılması sağlanarak müşterilere daha hızlı bir şekilde uygun ürünler sunulabilir.

KAYNAKLAR

- Abdullah, L., and Zulkifli, N., 2015. Integration of fuzzy AHP and interval type-2 fuzzy DEMATEL: An application to human resource management. *Expert Systems with Applications*, 42(9), pp. 4397-4409
- Ali Khatami Firouzabadi, S.M., Henson, B., Barnes, C., 2008. A multiple stakeholders' approach to strategic selection decisions. *Computers and Industrial Engineering*, 54(4), pp. 851-865.
- Altuntas, S., Selim, H., and Dereli, T., 2014. A fuzzy DEMATEL-based solution approach for facility layout problem: A case study. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 73(5-8), pp. 749-771.
- An, X.H., Feng, Y.X., Tan, J.R., 2011. Quality characteristics mapping method based on DEMATEL AND Choquet integral. *Computer Integrated manufacturing Systems*, 17(9), pp. 1887-1896.
- Ashlaghi, M.J., 2014. A new approach to green supplier selection based on fuzzy multi-criteria decision making method and linear physical programming. *Tehnicki Vjesnik*, 21(3), pp. 591-597.
- Ashtiani, M., and Abdollahi A.M., 2014. Trust modeling based on a combination of fuzzy analytic hierarchy process and fuzzy VIKOR. *Soft Computing*, doi: 10.1007/s00500-014-1516-1
- Awasthi, A., Grzybowska, K., Hussain, M., Chauhan, S.S., Goyal, S.K., 2014. Investigating organizational characteristics for sustainable supply chain planning under fuzziness. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 313, pp. 81-100.
- Ayazi, S.A., Moradi JS., Paksoy, T., 2014. Supplier selection and order size determination in a supply chain by using fuzzy multiple objective models. *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, 23(1-2), pp. 135-160.
- Aydin, S., and Kahraman, C., 2012. Evaluation of E-commerce website quality using fuzzy multi-criteria decision making approach. *IAENG International Journal of Computer Science*, 39(1), pp. 64-70.
- Aydin, S., and Kahraman, C., 2014. Vehicle selection for public transportation using an integrated multi criteria decision making approach: A case of Ankara. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems* 26(5), pp. 2467-2481.
- Baradaran, V., Shahmohammad, H., Gedaali, H., 2013. Identifying and ranking criteria for selection of the knowledge-based plans using hybrid fuzzy ANP-DEMATEL method. *Advances in Environmental Biology* 7(8), pp. 1979-1987.
- Bashiri, M., Mirzaei, M., Randall, M., 2013. Modelling fuzzy capacitated p-hub center problem and a genetic algorithm solution. *Applied Mathematical Modelling* 37(5), pp. 3513-3525.
- Baykasoğlu A., Kaplanoğlu V., Durmuşoğlu Z., Şahin, C., 2013. Integrating fuzzy DEMATEL and fuzzy hierarchical TOPSIS methods for truck selection. *Expert Systems with Applications*, 40(13), pp. 899-907.
- Beach, R., Muhlemann, A.P., Price, D.H.R., Paterson, A., Sharp, J.A., 2000. The selection of information systems for production management: An evolving problem. *International journal of production economics*, 64(1-3), pp 319-329.

- Bertomeu, M., Romero, C., 2001. Managing forest biodiversity: A zero-one goal programming approach. *Agricultural Systems*, 68(3), pp. 197-213.
- Bottani, E., and 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), pp. 763-781.
- Broombaugh, Charles, L., 1990. Fiber optic cable selection for high-speed data communication networks *Advances in Instrumentation*, Proceedings 45(4).
- Burmaoglu, S., and Kazancoglu, Y. 2012. E-government website evaluation with hybrid MCDM method in fuzzy environment. *International Journal of Applied Decision Sciences*, 5(2), pp. 163-181.
- Büyüközkan, G. and İfî, G., 2012. A novel hybrid MCDM Approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 3000-3011.
- Büyüközkan, G., and Berkol, C., 2011. Designing a sustainable supply chain using an integrated analytic network process and goal programming approach in quality function deployment. *Expert Systems with Applications*, 38(11), pp. 13731-13748.
- Büyüközkan, G., and Çifçi, G., 2011. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. *Expert Systems with Applications*, 39(3), pp. 3000-3011.
- Büyüközkan, G., and Ruan, D., 2008. Evaluation of software development projects using a fuzzy multi-criteria decision approach. *Mathematics and Computers in Simulation*, 77(5-6), 464-475.
- Büyüközkan, G., Feyzioğlu, O., Çiftçi, G., 2011. Fuzzy multi-criteria evaluation of knowledge management tools. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 4(2), pp. 184-195.
- Caton, William M. 1980. Cable Selection for cost-effective fiber optic systems. *National Electronic Packaging and Production Conference-Proceedings of the Technical Program (West and East)*, 1.
- Chang T. 2014. Fuzzy VIKOR method: A case study of the hospital service evaluation in Taiwan. *Information Sciences*, 271, pp. 196-212.
- Chang, B., Chang, C.W., Wu, C.H., 2011. Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Expert Systems with Applications*, 38(3), pp. 1850-1858.
- Chang, Y., Wey, W.M., Tseng, H.Y., 2009. Using ANP priorities with goal programming for revitalization strategies in historic transport: A case study of the Alishan Forest Railway. *Expert System with Applications*, 36(4), pp. 8682-8690.
- Chang, Y.F., and Ishii, H., 2012. Using Fuzzy MCDM Method to exploring the influence degree of project team effectiveness maturity. *Smart Innovation Systems and Technologies*, 16, pp. 157-167.
- Chang, Y.F., Watada, J., Ishii, H., 2012. A fuzzy MCDM approach to building a model of high performance project team-a case study. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control* 8(10), pp. 7393-7404.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Ferguson, R., 1955. Optimal estimation of executive compensation by linear programming, *Management Science*, 1, pp. 138-151.

- Chen, D.N, Hu, P.J.H., Kuo, Y.R., Liang, T.P., 2010. A Web-based personalized recommendation system for mobile selection: Design, implementation and evaluation. *Expert System with Applications*, 37(12), pp. 8201-8210.
- Chen, H.H., 2012. Operations of IT projects with balanced exploitative and exploratory activities. *Advances in Information Sciences and Service Sciences*, 4(12), pp. 444-453.
- Chen, J., 2012. The assessment of vision re-creation indices for the automotive industry in Taiwan: A hybrid fuzzy model approach. *Measurement*, 45(5) pp. 909-917.
- Chen, L.Y., and Wang, T.C., 2009. Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR. *International Journal of Production Economics*, 120(1), pp. 233-242.
- Chen, M.F., and Tzeng, G.H., 2004. Combining grey relation and TOPSIS concepts selecting an expatriate host country. *Mathematical and Computer Modelling*, 40(13), pp. 1473-1490.
- Chen, S.Y., and Lu, C.C., 2014. Appraising marketing performance for insurance businesses through improved fuzzy modified GRA. *Journal of Grey System*, 26(3), pp. 96-116.
- Chiu, Y. J., Chen, H. C., Tzeng, G. H., Shyu, J. Z. 2006. Marketing strategy based on customer behavior for the LCD-TV. *International Journal of Management and Decision Making*, 7(2-3), pp. 143–165.
- Chou, Y., Sun, C.C., Yen, H.Y., 2012. Evaluating the criteria for human resource for science and technology (HRST) based on an integrated fuzzy AHP and fuzzy DEMATEL approach. *Applied Soft Computing* 12(1), pp. 64-71.
- Chyu, C.C., and Fang, Y.C., 2014. A hybrid fuzzy analytic network process approach to the new product development selection problem. *Mathematical Problems in Engineering*, Article ID 485016.
- Çınar, Y., 2013. Kariyer Tercihi Probleminin Yapısal Bir Modeli ve Riske karşı Tutumlar: Olasılıklı DEMATEL Yöntemi Temelli Bütünleşik Bir Yaklaşım. *Sosyoekonomi*, 1 158-186.
- Dalalah, D., Hayajneh, M., Batieha, F., 2011. A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection. *Expert Systems with Applications*, 38(7), pp. 8384-8391.
- Danaei, A., Jabbari, M.F., Omidifard, L., 2013. Strategic planning and performance measurement using fuzzy DEMATEL: A case study of Iran Kaolin and Barite Company. *Decision Science Letters* 2(4), pp. 231-240.
- Deng, J. L. 1989. Introduction to grey system theory. *Grey Systems*, 1, pp. 1–24.
- Deng, J.L. 2002. *Grey system theory*. Press of Huazhong University of Science and Technology, Wuhan.
- Dincer H. and Hacıoglu, U., 2013. Performance evaluation with fuzzy VIKOR and AHP Method based on customer satisfaction in Turkish banking sector. *Kybernetes* 42(7), pp. 1072-1085.
- Dou, Y., Sarkis, J., Bai, C., 2014. Government green procurement: A Fuzzy-dematel analysis of barriers. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 313, pp. 564-589.
- Du, Y., and Liu, P., 2011. Extended fuzzy VIKOR method with intuitionistic trapezoidal fuzzy numbers. *Information*, 14(8), pp. 2575-2583.

- Dunphy J. 2003. The fibre-optic choice for the systems designer: Fibre-optics technology has many communications applications in commerce and industry. *Data Processing*, 24(5), pp. 26-29.
- Ebrahimnejad, S., Mousavi, S., Moghaddam, R., Heydar, M., 2014. Risks ranking in mega projects by fuzzy compromise approach: A comparative analysis. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 26(2), pp. 949-959.
- Ebrahimnejad, S., Mousavi, S.M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Hashemi, H., Vahdani, B., 2012. A novel two-phase group decision making approach for construction project selection in a fuzzy environment. *Applied Mathematical Modelling*, 36(9), pp. 4197-4217.
- Ersöz, F., ve Kabak, M., 2010. Savunma sanayi uygulamalarında çok kriterli karar verme yöntemlerinin literatür araştırması. *Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Dergisi*, 9, 97-125.
- Fairaizl, Alan, F., 1979. How to select fiber optic cables for practical applications. *Proceedings of the Technical Program-Electro-Optics/Laser Conference&Exposition 1979*, pp. 1-8.
- Fallahian N., A., Kazemi, S., Latifi, I., Soltanmohammad, N., 2013. A green managerial criteria pyramid model and key criteria for green supplier evaluation. *Advances in Environmental Biology*, 7(11), pp. 3505-3516.
- Farsi, J.Y., Moradi, J.S., Jamali, B., 2012. Which product would be chosen? A fuzzy VIKOR method for evaluation and selection of products in terms of customers' point of view; Case study: Iranian cell phone market. *Decision Science Letters*, 1(1), pp. 23-32.
- Farsijani, H., Nikabadi, M.S., Amirimoghaddam, H., 2015. Six sigma project selections using fuzzy network-analysis and fuzzy MADM. *Decision Science Letters*, 4(1), pp. 87-96.
- Fekri, R., Aliahmadi, A., Fathian, M., 2009. Identifying the cause and effect factors of agile NPD process with fuzzy DEMATEL method: The case of Iranian companies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20(6), pp. 637-648.
- Feng, C.M., and Wang, R.T., 2000. Performance Evaluation for Airlines Including the Consideration of Financial Ratios. *Journal of Air Transport Management*, 6(3), pp. 133-142.
- Fetanat, A., and Khorasaninejad, E., 2015. A novel hybrid MCDM approach for offshore wind farm site selection: A case study of Iran. *Ocean and Coastal Management*, 109(1), pp. 17-28.
- Gabus, A., and Fontela, E., 1973. Perceptions of the world problematique: Communication procedure, communicating with those bearing collective responsibility. Switzerland Geneva: Battelle Geneva Research Centre. No. 1.
- Gabus, A., and Fontela, E., 1976. The DEMATEL observer: Batelle Institute, Geneva Research Center, 56-61.
- Girubha, J., and Vinodh, S., 2012. Application of fuzzy VIKOR and environmental impact analysis for material selection of an automotive component. *Materials and Design*, 37, pp. 478-486.
- Govindan, K., Kannan, D., Shankar, K.M., 2014. Evaluating the drivers of corporate social responsibility in the mining industry with multi-criteria approach: A multi-stakeholder perspective. *Journal of Cleaner Production*, 84(1), pp. 214-232.

- Gumus, A.T., Yesim Yayla, A., Çelik, E., Yildiz, A., 2013. A combined fuzzy-AHP and fuzzy-GRA methodology for hydrogen energy storage method selection in Turkey. *Energies*, 6(6), pp. 3017-3032.
- Hiete, M., Merz, M., Comes, T., Schultmann, F., 2012. Trapezoidal fuzzy DEMATEL method to analyze and correct for relations between variables in a composite indicator for disaster resilience. *OR Spectrum* 34(4), pp. 971-995.
- Hsu, C.Y., Chen, K.T., Tzeng, G.H., 2007. FMCDM with fuzzy DEMATEL approach for customers' choice behavior model. *International Journal of Fuzzy Systems*, 9(4), pp 236-246.
- Hung, S.J., 2011. An integrated system of activity-based quality optimization and economic incentive schemes for a global supply chain. *International Journal of Production Research*, 49(24), pp. 7337-7359.
- Hwang, C.L., ve Yoon, K.P., 1981. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State of the Art Survey. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 186, pp. 58-191.
- Işıklar, G., and Büyüközkan, G., 2007. Using a multi-criteria decision making approach to evaluate mobile phone alternatives. *Computer Standards and Interfaces*, 29(2), pp. 265-274.
- Jahan, A., Ismail, M.Y., Mustapha, F., Sapuan, S.M., 2010. Material selection based on ordinal data. *Materials and Design*, 31(7), pp. 3180-3187.
- Jahanshahi, H., Farhadzareh, B., Fotuhi, H., Golpour, A., Mokhtari, M.B., 2013. A new algorithm for ERP system selection based on fuzzy DEMATEL approach. *Advances in Environmental Biology*, 7(9), pp. 2509-2521.
- Jassbi, J., Mohamadnejad, F., Nasrollahzadeh, H., 2011. A Fuzzy DEMATEL framework for modeling cause and effect relationships of strategy map. *Expert Systems with Applications*, 38(5), pp. 5967-5963.
- Jeng, D., and Tzeng, G., 2012. Social influence on the use of Clinical Decision Support Systems: Revisiting the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology by the fuzzy DEMATEL technique. *Computers and Industrial Engineering*, 62(3), pp. 819-828.
- Juan, Y.K., Gao, P., Wang, J., 2010. A hybrid decision support system for sustainable office building renovation and energy performance improvement. *Energy and Buildings*, 42(3), pp. 290-297.
- Kabak, M., 2013. A fuzzy DEMATEL-ANP based multi criteria decision making approach for personnel selection. *Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing*, 20(5-6), pp. 571-593.
- Karkehabadi, V., Zarei, H., Uromeihy, A., Karkehabadi, H., 2014. Investigating the economic performance of tunnel excavation in Iran: 1998-2013. *Geotechnical and Geological Engineering*, 32(5), pp. 1353-1362.
- Karsak, E.E., and Özogul, C.O., 2009. An integrated decision making approach for ERP system selection. *Expert Systems with Applications*, 36(1), pp. 660-667.
- Karsak, E.E., Sozer, S., Alptekin, S.E. 2003. Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach. *Computers and Industrial Engineering*, 44(1), pp. 171-190.
- Kavitha , C., and Vijayalakshmi, C., 2014. Design of Fuzzy multi objective linear program integrated with Fuzzy VIKOR for Facility Location. *Indian Journal of Science and Technology*, 7(1), pp. 25-34.

- Kaya, T., and Kahraman, C., 2010. Fuzzy multiple criteria forestry decision making based on an integrated VIKOR and AHP approach. *Expert Systems with Applications*, 38(6), pp. 7326-7333.
- Kaya, T., and Kahraman, C., 2010. Multi criteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul. *Energy*, 38(11), pp. 2517-2527.
- Keramati, M.A. and Hamzelloeie, A., 2012. Evaluating effect of objectives, obstacles, drivers, team dynamics and organizational support on ICT effectiveness by fuzzy DEMATEL. *Iranian Journal of Information Processing Management*, 28(1), pp. 85-102.
- Keskin G.A. 2014. Using integrated fuzzy DEMATEL and fuzzy C: means algorithm for supplier evaluation and selection. *International Journal of Production Research*, doi: 10.1080/00207543.2014.980461
- Kim, G., and Emery, J., 2000. An application of zero-one goal programming in project selection and resource planning- a case study from the Woodward Governor Company. *Computers & Operations Research*, 27(14), pp. 1389-1408.
- Kim, Y., and Chung, E.S., 2013. Fuzzy VIKOR approach for assessing the vulnerability of the water supply to climate change and variability in South Korea. *Applied Mathematical Modelling*, 37(22), pp. 9419-9430.
- Kuo, M.S. 2011. Optimal location selection for an international distribution center by using a new hybrid method. *Expert Systems with Applications*, 38(6), pp. 7208-7221.
- Kuo, M.S., 2011. A novel interval-valued fuzzy MCDM method for improving airlines' service quality in Chinese cross-strait airlines. *Transportation Research*, 47(6), pp. 1177-1193.
- Kuo, M.S., and Liang, G.L., 2011. Combining VIKOR with GRA techniques to evaluate service quality of airports under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 38(3), pp. 1304-1312.
- Kuo, M.S., and Liang, G.S., 2012. A Soft computing method of performance evaluation with MCDM based on interval-valued fuzzy numbers. *Applied Soft Computing*, 12(1), pp. 476-485.
- Kuo, M.S., Liang, G.L., Huang, W.C., 2006. Extensions of the multi criteria analysis with pairwise comparison under a fuzzy environment. *International Journal of Approximate Reasoning*, 43(3), 268–285.
- Lee, J., and Kim, S., 2000. Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection. *Computers & Operations Research*, 27(4), pp. 367-382.
- Lee, J., and Kim, S., 2001. An integrated approach for interdependent information system project selection. *International Journal of Project Management*, 19(2), pp. 111-118.
- Lee, J., Kang, S.H., Rosenberger, J., Kim, S.B., 2010. A hybrid approach of goal programming for weapon systems selection. *Computers & Industrial Engineering*, 58(3), pp. 521-527.
- Lee, Y.C., Li, M.L., Yen, T.M., Huang, T.H., 2011. Analysis of fuzzy Decision Making Trial and Evaluation Laboratory on technology acceptance model. *Expert Systems with Applications*, 38(12), pp. 14407-14416.

- Leng, J., Jiang, P., Ding, K., 2014. Implementing of a three-phase integrated decision support model for parts machining outsourcing. *International Journal of Production Research*, 52(12), pp. 3614-3636.
- Li, M., Jin, L., Wang, J., 2014. A new MCDM method combining QFD with TOPSIS for knowledge management system selection from the user's perspective in intuitionistic fuzzy environment. *Applied Soft Computing*, 21, pp. 28-37.
- Li, Y., Yu, G.L., Mo, S.Q., Chen, H.H., Ma, G.M., Lai, Y.J., 2007. Gray relational analysis and informational management for evaluating the regularity of compound herbal formulae for osteoporosis. *Journal of Clinical Rehabilitative Tissue Engineering Research*, 11(35), pp. 7065-7068.
- Liao, H., and Xu, Z., 2013. A VIKOR-based method for hesitant fuzzy multi-criteria decision making. *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 12(4), pp. 373-392.
- Lin, C.J., and Wu, W.W., 2008. A causal analytical method for group decision-making under fuzzy environment. *Expert Systems with Application*, 34(1), pp. 205-213.
- Lin, R., 2013. Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices. *Journal of Cleaner Production*, 40, pp. 32-39.
- Lin, R.J., 2013. Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply management practices. *Journal of Cleaner Production*, 40, pp. 32-39.
- Lin, Z.P., Wang, R., Tseng, M.L., 2009. Determination of a cause and effect decision making model for leisure farm's service quality in Taiwan. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 6(2), pp. 73-86.
- Liu, C.H., Tzeng, G.H., Lee, M.H., Tseng, H.L., Lee, P.Y., 2012. Using a Hybrid MCDM model combining fuzzy DEMATEL Technique to examine the job stress of coach driver. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 16, pp. 149-156.
- Liu, H.C., You, J.X., You, X.Y., Shan, M.M., 2015. A novel approach for failure mode and effects analysis using combination weighting and fuzzy VIKOR method. *Applied Soft Computing Journal*, 28, pp. 579-588.
- Lu, M.T., Tzeng, G.H., Tang, L.L., 2013. Environmental strategic orientations for improving green innovation performance in fuzzy environment- Using new fuzzy Hybrid MCDM model. *International Journal of Fuzzy Systems*, 15(3), 297-316.
- Mamikhani, J., Tofighi, S., SAdeqhfifar, J., Heidari, M., Hossieni, V., 2014. Prioritizing the compensation mechanisms for nurses working in emergency department of hospital using fuzzy DEMATEL technique: a survey from Iran. *Global journal of health science*, 6(2), pp. 86-93.
- Mavi, R.K., Kazemi, S., Najafabadi, A.F., Mousaabadi, H.B., 2013. Identification and assessment of logistical factors to evaluate a green supplier using the fuzzy logic DEMATEL method. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(2), pp. 445-455.
- Mehbodniya, A., Kaleem, F., Yen, K.K., Adachi, F., 2013. A fuzzy extension of VIKOR for target network selection in heterogeneous wireless environments. *Physical Communication*, 7, pp. 145-155.
- Mehregan, M.R., Hashemi, S.H., Karimi, A., Merikhi, B., 2014. Analysis of interactions among sustainability supplier selection criteria using ISM and fuzzy DEMATEL. *International Journal of Applied Decision Sciences* 7(3), pp. 270-294.

- Mohaghar, A., Fathi, M.R., Jafarzadeh, A.H., 2013. A supplier selection method using ar-dea and fuzzy VIKOR. *International Journal of Industrial Engineering: Theory Applications and Practice* 20(5-6), pp. 387-400.
- Mokhtari, M., Javanshir, H., Dolatabadi, M.K., Tashakori, L., Madanchi, F., 2013. Supplier selection in textile industry using fuzzy MADM. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 6(3), pp. 400-411.
- Monczkil, R., Trent, R., Handfield, R., 1998. *Purchasing and Supply Chain Management*. South-Western College Publishing, New York.
- Monktarian, M.N., Sadi-Nezhad, S., Makui, A., 2014. A new flexible and reliable interval valued fuzzy VIKOR method based on uncertainty risk reduction in decision making process: An application for determining a suitable location for digging some pits for municipal wet waste landfill. *Computers & Industrial Engineering*, 78, pp. 213-233.
- Mozafari, M.M., Asli, M.N., Khanghah, A.S., 2012. Providing a suitable model for supplier selection in outsourcing using fuzzy VIKOR decision making method. *Advances in Environmental Biology*, 6(3), pp. 1091-1094.
- Nezami, F.G., and Yildirim, M.B., 2013. A sustainability approach for selecting maintenance strategy. *International Journal of Sustainable Engineering*, 6(4), pp. 332-343.
- Nikjoo, A.V., and Saeedpoor, M., 2014. An intuitionistic fuzzy DEMATEL methodology for prioritizing the components of SWOT matrix in the Iranian insurance industry. *International Journal of Operational Research* 20(4), pp. 439-452.
- Opricovic S. and Tzeng, G., 2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research* 178(2), pp. 514-529.
- Opricovic, S., 1998. Multi criteria optimization of civil engineering systems. Belgrade: Faculty of Civil Engineering, 2(1), pp. 5-21.
- Opricovic, S., 2011. Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. *Expert Systems with Applications*, 38(10), pp. 12983-12990.
- Oztayşi, B., and Süner, O., 2014. Supply chain performance measurement using a SCOR based fuzzy VIKOR approach. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 313, pp. 199-224.
- Parameshwaran, R., Kumar, S.P., Saravanakumar, K., 2014. An integrated fuzzy MCDM based approach for robot selection considering objective and subjective criteria. *Applied Soft Computing*, 26, pp. 31-41.
- Patil, S., and Kant, R., 2014. A hybrid approach based on fuzzy DEMATEL and FMCDM to predict success of knowledge management adoption in supply chain. *Applied Soft Computing*, 18, pp. 126-135.
- Patil, S.K., and Kant, R., 2013. A fuzzy DEMATEL method to identify critical success factors of knowledge management adoption in supply chain. *Journal of Information and Knowledge Management*, 12(3).
- Percin, S., and Min, H., 2013. A Hybrid quality function deployment and fuzzy decision-making methodology for the optimal selection of third-party logistics service providers. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 16(5), pp. 380-397.

- Perçin, S., and Min, H., 2013. Optimal machine tools selection using quality function deployment and fuzzy multiple objective decision making approach. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 24(1), pp. 163-174.
- Pishdar, M., Hashemi Toloun, M.R.S., Zamani, S., Farzianpour, F., 2013. Development of factors effective in the success of green supply chain management. *American Journal of Agricultural and Biological Science* 9(1), pp. 33-43.
- Pourebahram, S., Hadipour, M., Mokhtar, M.B., Taghavi, S., 2014. Application of VIKOR and fuzzy AHP for conservation priority assessment in coastal areas: Case of Khuzestan district, Iran. *Ocean and Coastal Management*, 98, pp. 20-26.
- Raharjo, H., Xie, M., Brombacher, A.C., 2006. Prioritizing quality characteristics in dynamic quality function deployment. *International Journal of Production Research*, 44(23), pp. 5005-5018.
- Raut, R.D., Bhasin, H.V., Kamble, S.S., 2011. Evaluation of supplier selection criteria by combination of AHP and fuzzy DEMATEL method. *International Journal of Business Innovation and Research*, 5(4), pp. 359-392.
- Ravi, V., Shankar, R., Tiwari, M.K., 2008. Selection of a reverse logistics Project for end-of-life computers: ANP and goal programming approach. *International Journal of Production Research*, 46(17), pp. 4849-4870.
- Razieh, K., and Ahmad, M., 2015. An IF-DEMATEL-AHP based on Triangular Intuitionistic Fuzzy Numbers (TIFNs). *Decision Science Letters*, 4(2), pp. 237-246.
- Rezaei, M., Naeeni, M.A., Motlagh, M.S., 2013. Integrated Fuzzy ANP, Fuzzy VIKOR and goal programming for sourcing in a supply chain: A case study from cable industry. *Decision Science Letters*, 2(4), pp. 287-298.
- Rezai, K., Ramiyani, S.S., Nazari-Shirkouhi, S., Badizadeh, A., 2014. Evaluating performance of Iranian cement firms using an integrated fuzzy AHP–VIKOR method. *Applied Mathematical Modelling*, 38(21-22), pp. 5033-5046.
- Rostamzadeh, R., Govindan, K., Esmaili, A., Sabaghi, M., 2015. Application of fuzzy VIKOR for evaluation of green supply chain management practices. *Ecological Indicators*, 49, pp. 188-203.
- Rouhani, S., Ashrafi, A., Afshari, S., 2013. Segmenting critical success factors for ERP implementation using an integrated fuzzy AHP and fuzzy DEMATEL approach. *World Applied Sciences Journal*, 22(8), pp. 1066-1079.
- Sadiq, R., and Khan, F., 2006. An integrated approach for risk-based life cycle assessment and multi-criteria decision-making Selection, design and evaluation of cleaner and greener processes. *Business Process Management Journal*, 12(6), pp. 770-792.
- Safari, H., Faraji, Z., Majidian, S., 2014. Identifying and evaluating enterprise architecture risks using FMEA and fuzzy VIKOR. *Journal of Intelligent Manufacturing* 2014, pp. 1-12.
- Samvedi, A., and Jain, V., 2013. A study on the interactions between supply chain risk management criteria using fuzzy DEMATEL method. *International Journal of Operational Research*, 18(3), pp. 255-271.
- Sanayei, A., S., Mousavi, F., Yazdankhah, A., 2009. Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 37(01), pp. 24-30.

- Sangaiah, A.K., Subramaniam, R.R., Zheng, X., 2014. A combined fuzzy DEMATEL and fuzzy TOPSIS approach for evaluating GSD project outcome factors. *Neural Computing and Applications*, doi: 10.1007/s00521-014-1771-1
- Sasikumar, P., and Haq, A.N., 2011. Integration of closed loop distribution supply chain network and 3PRLP selection for the case of battery recycling. *International Journal of Production Research*, 49(11), pp. 3363-3385.
- Şen, Z., 2004. *Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*. İstanbul: Bilge Kültür Sanat.
- Shemshadi, A., Shirazi, H., Toreihi, M., Tarokh, M.J., 2011. A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting. *Expert Systems with Applications*, 38(10), pp. 12160-12167.
- Su, Z., 2011. A Hybrid Fuzzy Approach to Fuzzy Multi-Attribute Group Decision-Making. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 10(4), pp. 695-711.
- Tadic, S., Zecevic, S., and Krstic, M. 2014. A novel hybrid MCDM model based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy VIKOR for city logistics concept selection. *Expert Systems with Applications*, 41(18), pp. 8112-8128.
- Tamiz, M., Jones, D., Romero, C., 1998. Goal programming for decision making: An overview of the current state-of-the art. *European Journal of Operational Research*, 111(3), pp. 569-581.
- Thummala, V., and Rao, A.R., 2011. Analytical hierarchal process (AHP) approach in product selection (cell phone). *International Journal of Industrial Engineering*, 18(7), pp. 369-376.
- Toksoy, M., 2012. Çok Nitelikli Karar Verme Yöntemleri ve VIKOR Yöntemi ile Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Toloie-Eshlaghy, A., and Ehsanifar, M., 2011. A fuzzy approach to assess and select a product. *European Journal of Scientific Research*, 55(2), pp. 245-260.
- Torabi, S.A., Soufi Rezai, H., Sahebjamnia, N., 2014. A new framework for business impact analysis in business continuity management (with a case study). *Safety Science*, 68, pp. 309-323.
- Traskiewicz, Patricia, A., 1990. Fiber optic Cable in the industrial marketplace. *Advances in Instrumentation, Proceedings*, 45(4), pp. 1641-1645.
- Tsai, W., and Chou, W., 2009. Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP. *Expert System with Applications*, 36(2), pp. 1444-1458.
- Tsai, W., and Hsu, J., 2008. Corporate social responsibility programs choice and costs assessment in the airline industry—A hybrid model. *Journal of Air Transport Management*, 14(4), pp. 188-196.
- Tsai, W., and Kuo, H., 2011. Entrepreneurship policy evaluation and decision analysis for SMEs. *Expert System with Applications*, 38(7), pp. 8343-8351.
- Tsai, W., Chou, W., Hsu, W., 2009. The sustainability balanced scorecard as a framework for selecting socially responsible investment: An effective MCMD model. *Journal of the Operational Research Society*, 60(10), pp. 1396-1410.
- Tsai, W., Hsu, J.L., Chen, C.H., Lin, W.R., Chen, S.P., 2010. An integrated approach for selecting corporate social responsibility programs and costs evaluation in the international tourist hotel. *International Journal of Hospitality Management*, 29(3), pp. 385-396.

- Tsai, W., Leu, J.D., Liu, J.Y., Lin, S.Y., Shaw, M.J., 2010. A MCDM approach for sourcing strategy mix decision in IT projects. *Expert System with Applications*, 37(5), pp. 3870-3886.
- Tsai, W.H., Chou, Y.W., Hwang, E.T.Y., Lee, K.C., 2011. Methodology for ranking decisions for improving entrepreneurship strategy. *International Journal of Business and Systems Research*, 5(6), pp. 564-588.
- Tsao, C.C., and Wu, W.W., 2014. Evaluation of design conditions for compound special-core drilling composite materials using the fuzzy DEMATEL method. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 27(11), pp. 979-985.
- Tseng, M.L. and Lin, Y.H., 2009. Application of fuzzy DEMATEL to develop a cause and effect model of municipal solid waste management in Metro Manila. *Environmental Monitoring and Assessment*, 158(1-4), pp. 519-533.
- Tseng, M.-L., 2009. A causal and effect decision making model of service quality expectation using grey-fuzzy DEMATEL approach. *Expert Systems with Applications*, 36(4), 7738–7748.
- Tu, C.S., Chen, K.K., Chang, C.T., Lu, H.A., 2010. Applying an AHP-QFD conceptual model and zero-one goal programming to requirement-based site selection for an airport cargo logistics center. *International Journal of Information and Management Sciences*, 21(4), pp. 407-430.
- Tzeng, G.H., and Huang, C.-Y., 2011. Combined DEMATEL technique with hybrid MCDM methods for creating the aspired intelligent global manufacturing & logistics systems. *Annals of Operations Research*, 197(1), pp. 159-190.
- Vahdani, B., Hadipour, H., Sadaghiani, J.S., Amiri, M., 2010. Extension of VIKOR method based on interval-valued fuzzy sets. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 47(9-12), pp. 1231-1239.
- Vinodh, S, Varadharajan, A.R., Subramanian, A., 2012. Application of fuzzy VIKOR for concept selection in an agile environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp. 1-8.
- Wang, C.H., 2014. Using quality function deployment to conduct vendor assessment and supplier recommendation for business-intelligence systems. *Computers and Industrial Engineering*, doi: 10.1016/j.cie.2014.10.005
- Wang, C.H., and Chen, J.N., 2012. Using quality function deployment for collaborative product design and optimal selection of module mix. *Computers and Industrial Engineering*, 63(4), pp. 1030-1037.
- Wang, Y., Xi, C., Zhang, S., Yu, D., Zhang, W., Li, Y., 2014. A combination of extended fuzzy AHP and Fuzzy GRA for government e-tendering in hybrid fuzzy environment. *Scientific World Journal*, Article ID 123675.
- Wei, G. 2010. GRA method for multiple attribute decision making with incomplete weight information in intuitionistic fuzzy setting. *Knowledge-Based Systems*, 23(3), pp. 243-247.
- Wei, G. 2010. Gray relational analysis method for intuitionistic fuzzy multiple attribute decision making. *Expert Systems with Applications*, 38(9), pp. 11671-11677.
- Wei, W., and Chang, W., 2008. Analytic network process-based model for selecting an optimal product design solution with zero–one goal programming. *Journal of Engineering Design*, 19(1), pp. 15-44.

- Wey, W., and Wu, K., 2007. Using ANP priorities with goal programming in resource allocation in transportation. *Mathematical and Computer Modelling*, 46(7-8), pp. 985-1000.
- Wey, W., and Wu, K., 2008. Interdependent urban renewal project selection under the consideration of resource constraints. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35(1), pp. 122-147.
- Wey, W.M. and Wei, W.L. 2015. Urban Street Environment Design for Quality of Urban Life. *Social Indicators Research*, doi: 10.1007/s11205-015-0880-2
- Wey, W.M., 2010. Evaluating interdependent architectural projects: An integrated approach. *Journal of Architectural and Planning Research*, 27(3), pp. 204-218.
- Wu, W.W. 2012. Segmenting critical factors for successful knowledge management implementation using the fuzzy DEMATEL method. *Applied Soft Computing Journal*, 12(1), pp. 527-535.
- Wu, W.-W., and Lee, Y.-T. 2007. Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert Systems with Applications*, 32(2), pp. 499–507.
- Wu, Y., and Geng, S., 2014. Evaluation of wind farm site selection based on intuitionistic fuzzy VIKOR method. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, 32(3), pp. 1799-1810.
- Yang, Y.P., Shieh, H.M., Leu, J.D., Tzeng, G-H., 2008. A novel hybrid MCDM model combined DEMATEL and ANP with applications. *International Journal of Operations Research*, 5(3), pp. 160-168.
- Yeh, T.M., and Huang, Y.L., 2014. Factors in determining wind farm location: Integrating GQM, fuzzy DEMATEL and ANP. *Renewable Energy*, 66, pp. 159-169.
- Yılmaz, B., and Dağdeviren, 2011. A combined approach for equipment selection: F-PROMETHEE method and zero-one goal programming. *Expert Systems with Applications*, 38(9), pp. 11641–11650
- Yücenur, G., and Demirel, N., 2012. Group decision making process for insurance company selection problem with extended VIKOR method under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*, 39(3), pp. 3702-3707.
- Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*.
- Zhang, S., Liu, S., 2011. A GRA –based intuitionistic fuzzy multi-criteria group decision making method for personnel selection. *Expert Systems with Applications*, 38(9), pp. 11401-11405.
- Zhang, S., Liu, S., Zhai, R., 2011. An extended GRA method for MCDM with interval-valued triangular fuzzy assessments and unknown weights. *Computers & Industrial Engineering*, 61(4), pp. 1336-1341.
- Zhang, X., Zhang, H., Jiang, Z., Wang, Y., 2014. An integrated model for remanufacturing process route decision. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28(5), pp. 451-459.
- Zhao, X., Tang, S., Yang, S., Huang, K., 2013. Extended VIKOR method based on cross-entropy for interval-valued intuitionistic fuzzy multiple criteria group decision making. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 25(4), pp. 1053-1066.

- Zhou, Q., Huang, W., Zhang, Y., 2011. Identifying critical success factors in emergency management using a fuzzy DEMATEL method. *Safety Science*, 49(2), pp. 243-252.
- Zimmermann, H.J., 1987. *Fuzzy Sets. Decision Making and Expert System*, Kluwer Academic Publisher, Boston.
- Zimmermann, H.J., 1991. *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, Kluwer Academic Publisher, Boston.

ÖZGEÇMİŞ

İlker KARADAĞ, 1983 yılında Kayseri’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kayseri’de tamamladı. Lise öğrenimini TED Kayseri Koleji Vakfı Özel Lisesi’nde 2003 yılında tamamladıktan sonra Erciyes Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünden 2009 yılında mezun oldu. 2010-2013 yılları arasında HES KABLO A.Ş.’de planlama mühendisi olarak çalıştı. 2012 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans programına başladı. 2013 yılından bu yana Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.