

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BULANIK ORTAMDA SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ
SEÇİMİ PROBLEMİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
VE DOĞRUSAL PROGRAMLAMAYA DAYALI BİR
UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AHMET ALP ŞENOCAK

DENİZLİ, TEMMUZ - 2016

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BULANIK ORTAMDA SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ
SEÇİMİ PROBLEMİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
VE DOĞRUSAL PROGRAMLAMAYA DAYALI BİR
UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AHMET ALP ŞENOCAK

DENİZLİ, TEMMUZ - 2016

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ahmet Alp ŞENOCAK tarafından hazırlanan "Bulanık Ortamda Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi Problemi için Çok Kriterli Karar Verme ve Doğrusal Programlamaya Dayalı Bir Uygulama" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 18.07.2016 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.


Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Yrd. Doç Dr. Hacer GÜNER GÖREN



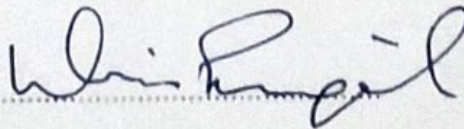
Üye
Prof. Dr. Aşkîner GÜNGÖR
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Özlem UZUN ARAZ
Celal Bayar Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
03.08.2016 tarih ve 28/20 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Mehmet Ali SARIĞÖL

MÜDÜR

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.



AHMET ALP ŞENOCAK

ÖZET

**BULANIK ORTAMDA SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ SEÇİMİ
PROBLEMİ İÇİN ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME VE DOĞRUSAL
PROGRAMLAMAYA DAYALI BİR UYGULAMA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
AHMET ALP ŞENOCAK
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI:YRD. DOÇ. DR. HACER GÜNER GÖREN)**

DENİZLİ, TEMMUZ - 2016

Üretimde kaynakların etkin kullanılması, müşteri memnuniyetinin ve faydanın en büyüklenmesi için benimsenen yalın ve çevik yaklaşımlar, işletmelere rekabet avantajı sağlamaktadır. Bu tür yaklaşımlar hızlı ürün geliştirmenin oldukça önemli olduğu yazılım sektöründe sıklıkla kullanılmaktadır. İşletmelerin müşteri isteklerini daha kısa sürede karşılayıp üretim sistemlerini geliştirmek isterken, yeryüzünde bulunan kısıtlı kaynakları, gelecek nesilleri düşünerek en verimli şekilde yönetmesi gerekmektedir. Gelecek için çevreye duyarlı davranılması ve var olan dengenin korunması anlamlarını içeren sürdürülebilirlik kavramı günümüzde birçok alanda ön plana çıkmaktadır. Bu alanların en önemlilerinden bir tanesi sosyal, çevresel ve ekonomik açıdan uygun tedarikçilerle işbirliği içerisinde çalışıp daha verimli ve etkin tedarik zincirleri oluşturabilmektir. Bu sebeple, sürekli değişkenlik içeren bir çevrede sürdürülebilir tedarikçi seçiminin önemi giderek artmaktadır. Çalışmada, ilk olarak ekstrem üretim süreci kısaca açıklanmıştır. Daha sonra ekstrem üretim sürecinin prensiplerinden tedarikçi seçimi üzerine odaklanılmış ve sürdürülebilirlik kavramı altında tedarikçi seçimi problemi için bütünleşik bir yöntem önerilmiştir. Karar problemlerinde var olan belirsizliği modelleyebilmek adına önerilen yöntemde bulanık mantık kullanılmıştır. Önerilen yöntem üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada sürdürülebilirlik kriterlerinin ağırlık değerleri bulanık DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemiyle belirlenmiştir. İkinci aşamada ise alternatiflerin uygunluk değerleri, bulanık gri ilişkisel analiz yöntemiyle tayin edilmiştir. Elde edilen değerler son aşama için girdi niteliğinde olup, her bir tedarikçiden verilmesi gereken sipariş miktarının bulanık doğrusal programlama ile belirlenmesinde kullanılmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Ekstrem üretim süreci, Sürdürülebilirlik, Tedarikçi seçimi problemi, Bulanık mantık, DEMATEL, Gri ilişkisel analiz, Bulanık doğrusal programlama

ABSTRACT

AN APPLICATION OF SUSTAINABLE SUPPLIER SELECTION PROBLEM BASED ON MULTI CRITERIA DECISION MAKING AND LINEAR PROGRAMMING IN FUZZY ENVIRONMENT

MSC THESIS

AHMET ALP ŞENOCAK

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

INDUSTRIAL ENGINEERING

(SUPERVISOR:ASSIST. PROF.DR. HACER GÜNER GÖREN)

DENİZLİ, JULY 2016

Lean and agile approaches which are adopted for using resources effectively, maximizing the utility and customer satisfaction result in competitive advantage for businesses. These approaches are widely used in software development industry in which rapid product development is pretty crucial. Companies are willing to meet customers' requirements in short time and improve their production systems but at the same time they have to manage the use of limited resources effectively for the future. The term sustainability, which means maintaining a balance or acting responsibly for the future, has been coming into prominence in many fields. One of the most crucial practice is cooperating with convenient collaborators and composing effective supply chains in terms of social, economic and environmental considerations. Therefore, sustainable supplier selection is getting more and more important for competing in rapidly changing environment. In this study, at first, extreme manufacturing process have been examined briefly. Secondly, supplier selection which is one of the principles of extreme manufacturing, has been considered and an integrated approach for sustainable supplier selection problem has been proposed. In order to model the uncertainty existing in decision processes, fuzzy logic has been utilized. The proposed approach consists of three stages. In the first stage, Fuzzy Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (FDEMATEL) has been used to obtain the weights of the criteria considering sustainability perspective. In the second stage, by using Grey Relational Analysis, the importance value of each supplier has been calculated. The importance values which have been used as the input variables for the last stage, have been applied to determine the order sizes of the suppliers by applying fuzzy linear programming.

KEYWORDS: Extreme manufacturing process, Sustainability, Supplier selection problem, Fuzzy logic, DEMATEL, Grey relational analysis, Fuzzy linear programming

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Problem Tanımı	6
1.2 Tezin Amacı	6
1.3 Tezin Önemi ve Literatüre Katkısı	7
1.4 Tezin Organizasyonu	8
2. SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ SEÇİMİ	9
2.1 Tedarikçi Seçimi Problemi	9
2.1.1 Ürüne Göre Tedarikçi Seçimi Problemleri	9
2.1.2 Tedarikçi Sayısına Göre Tedarikçi Seçimi Problemleri.....	10
2.1.3 Tedarikçi Seçim Süreci	11
2.1.4 Tedarikçi Değerlendirme Kriterleri.....	12
2.2 Sürdürülebilirlik	14
2.2.1 Ekonomik Sürdürülebilirlik	14
2.2.2 Çevresel Sürdürülebilirlik	15
2.2.3 Sosyal Sürdürülebilirlik	15
2.3 Bölüm Özeti	16
3. LİTERATÜR	17
3.1 Kaynak Taraması.....	17
3.2 Bölüm Özeti	23
4. YÖNTEM	25
4.1 DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)	25
4.2 Gri İlişkisel Analiz (GİA).....	29
4.3 Bulanık Doğrusal Programlama	34
4.4 Bölüm Özeti	38

5. UYGULAMA	39
5.1 Bulanık DEMATEL Uygulaması	41
5.2 Bulanık Gri İlişkisel Analiz Uygulaması	50
5.3 Bulanık Doğrusal Programlama Uygulaması	54
5.4 Bölüm Özeti	60
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
7. KAYNAKLAR	63
8. EKLER	74
EK A	74
EK B	75
9. ÖZGEÇMİŞ	82

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1: Sürdürülebilir tedarikçi yönetiminde kullanılan yöntemler	18
Şekil 4.1: Önerilen bütünleşik yöntem.....	25

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Kriter önem sıralaması	13
Tablo 3.1: Sürdürülebilir tedarikçi seçimi çalışmaları.....	19
Tablo 4.1: Siyah, gri ve beyaz sistemlerin karşılaştırması.....	30
Tablo 4.2: Bulanık doğrusal programlamada bulanıklığın türleri	35
Tablo 5.1: Bulanık dilsel ölçek.....	42
Tablo 5.2: CFCS metoduna göre durulaştırma tablosu.....	48
Tablo 5.3: D ve R değerleri tablosu.....	49
Tablo 5.4: Kriter ağırlıkları	50
Tablo 5.5: Bulanık dilsel ölçek.....	50
Tablo 5.6: Tedarikçilerin kriterlere göre değerlendirilmesi.....	51
Tablo 5.7: Tedarikçilerin sürdürülebilirlik kriterlerine göre nihai değerlendirmesi...52	
Tablo 5.8: Tedarikçilerden verilmesi gereken sipariş miktarları.....	59

SEMBOL LİSTESİ

A	:	Doğrudan ilişki matrisi
\tilde{A}	:	Bulanık doğrudan ilişki matrisi
(l,m,u)	:	Bulanık sayı gösterimi
\tilde{x}_{ij}	:	Normalize edilmiş değer
\tilde{T}	:	Toplam ilişki matrisi
Δ_{min}^{max}	:	Bulanık sayıların en büyük değeri ile en küçük değerleri arasındaki fark
x_l_{ij}	:	Bulanık sayının l değeri ile en küçük l değeri arasındaki fark
x_m_{ij}	:	Bulanık sayının m değeri ile en küçük m değeri arasındaki fark
x_u_{ij}	:	Bulanık sayının u değeri ile en küçük u değeri arasındaki fark
xls_{ij}	:	Sol normalize değer
xrs_{ij}	:	Sağ normalize değer
x_{ij}	:	Toplam normalize değer
z_{ij}	:	Nihai durulaştırılmış değer
D_i	:	Nihai durulaştırılmış değerlerin satır toplamı
R_i	:	Nihai durulaştırılmış değerlerin sütun toplamı
w_i	:	Kriterlerin ağırlık değerleri
\tilde{X}	:	Bulanık karar matrisi
\tilde{r}_{ij}	:	Normalize değerler
\tilde{X}^*	:	Normalize karar matrisi
\tilde{R}_0	:	Referans serisi
$d(\tilde{A}, \tilde{B})$:	İki bulanık değer arasındaki uzaklık
A_{oi}	:	Uzaklık matrisi
$\gamma_{oi}(j)$:	Gri ilişkisel katsayılar
ζ	:	Ayırıcı katsayı
Γ_{oi}	:	Gri ilişkisel dereceler
K_i	:	Belirlenen kriterler

T_i	:	Tedarikçi alternatifleri
Z	:	Amaç fonksiyonu
c_i	:	i . amaç fonksiyonu katsayısı
x_i	:	i . karar değişkeni
a_{ij}	:	i . tedarikçinin j . ürününe ait teknoloji katsayısı
b_i	:	i . sağ taraf değeri
λ	:	Kısıtlayıcı kesimleri
μ_i	:	i . üyelik fonksiyonu
θ	:	Sağ taraf değerlerindeki tolerans değeri
i	:	Tedarikçi
j	:	Ürün
N	:	Tedarikçilerin toplam sayısı
M	:	Ürünlerin toplam sayısı
W_i	:	i tedarikçisinin ağırlık değeri
D_j	:	j ürününe ait talep miktarı
C_i	:	i tedarikçisinin işletme için ayırabileceği toplam kapasite miktarı
q_i	:	i tedarikçisinin hata oranı değeri
Q_j	:	j ürünü için arzu edilen hata oranı
A_{ij}	:	i tedarikçisinin j ürününe ait sipariş miktarı

ÖNSÖZ

Öncelikle tez çalışmam süresince hiçbir zaman desteğini benden esirgemeyen, sorduğum her soruya cevap veren, bana bilgi birikimiyle yol gösteren değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Sayın Hacer GÜNER GÖREN'e en derin teşekkürlerimi sunarım. Onun içtenliği ve rehberliği sayesinde tezim, benim için oldukça öğretici ve geliştirici bir çalışma haline dönüştü.

Daha sonra çalışmamın ortaya çıkmasında ve gelişiminde emeği bulunan, beni her zaman araştırmaya sevk eden Sayın Prof. Dr. rer. nat. Claudia Hirschmann'a ve çalışmamın uygulama kısmında süreci daha net bir şekilde kavramamı sağlayan Sayın Fabrice Ringer'a tezime vermiş oldukları katkıdan dolayı çok teşekkür ederim.

Ayrıca almış olduğum dersler süresince beni destekleyen ve bana her konuda yardım etmekten çekinmeyen, değerli zamanlarını benim için harcayan Pamukkale Üniversitesi Endüstri Mühendisliği öğretim üyeleri ve araştırma görevlilerinin her birine ayrı ayrı teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her anında yanımda olan, verdikleri özgürlük ve sevgiyle tüm kararlarımda beni destekleyen ve beni ben yapan anne ve babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

1. GİRİŞ

Ekstrem üretim süreci, çeşitli yazılım geliştirme yöntemlerinin, çevik üretim prensipleriyle harmanlanıp, fiziksel üretim prosesine (konsept otomobil üretimi prosesi) uygulanması sonucu ortaya çıkmış olup oldukça yeni bir konudur. Sürecin yapısı ve benimsediği prensipler nedeniyle sürdürülebilirlik tedarikçi seçimi kavramıyla örtüştüğü düşünülmektedir. Faydanın en büyüklenmesi ve maliyetlerin azaltılması gibi konularda önemli katkılar sağlayan çevik yaklaşımlar, yalın üretim ve kaizen endüstri mühendisliğinin temelini oluşturan ve tüm mühendislerce benimsenmesi gereken en önemli değerlerdendir. Bu gibi yöntemlerle daha kısa sürede, daha az hata ile daha kaliteli ürün ve hizmet üretimi gerçekleştirilebilir. Bu prensipler yazılım geliştirme alanında da oldukça geçerlidir. Bu nedenle yazılım dünyasında adı duyulmuş on yedi saygın isim Çevik Yazılım Geliştirme Manifestosu'nu oluşturmuşlardır (Beck ve diğ. 2001). Bu manifestodan etkilenilerek ortaya çıkarılmış olan veya bu manifestonun oluşmasında etkili olan ve bu ilkelere paralellik gösteren çeşitli yazılım geliştirme yöntemleri mevcuttur. Oldukça yeni bir yaklaşım olan ekstrem üretim süreci ve sürecin başlıca bileşenleri olan; yazılım geliştirme yöntemlerinden ekstrem programlama ve scrum yöntemleri ve sürecin daha hızlı gelişimine olanak sağlayan kaizen felsefesi ilerleyen kısımda kısaca açıklanmış, daha sonra da sürecin prensipleri ve temel özellikleri belirtilmiştir. En son olarak da çalışmanın asıl konusunu oluşturan sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemi ve önemi açıklanmıştır.

Ekstrem üretim süreci, Joe Justice tarafından 2010'lu yılların başlangıcında ilk kez uygulanmış olan, üretim sürecinin sürekli geliştirilmesini amaçlayan genel bir çerçevedir (Halverson 2011). Üretim sürecinin iyileştirilmesinde, ekstrem programlama, scrum, test tabanlı geliştirme gibi bilgisayar ve yazılım tabanlı metotların, modüler dizayn, çevik ve yalın yaklaşımlar ile birleştirilerek fiziksel üretim sürecine adapte edilmesi sonucu ortaya çıkmıştır (Hagel ve Brown 2012). İlerleyen kısımda ekstrem üretim sürecinin başlıca bileşenleri olan ekstrem programlama, scrum ve kaizen kısaca açıklanmış ve daha sonra da sürecin prensipleri ve temel özellikleri belirtilmiştir.

Ekstrem programlama, Kent Beck tarafından önerilmiş, programın geliştirilmesi için kısa iterasyon döngülerine dayanan, değişen koşullara kısa sürede uyum sağlayabilen, esnek programlar yazılabilmesine olanak sağlayan bir yöntemdir (Hedin ve diğ. 2005). Dinamik ve riskli projelere de uygulanabilen bu yöntemde, müşteriyle kurulan etkili iletişim son derece önemlidir. Bu sayede, geliştirilen program hakkında müşteriyle direkt irtibat kurulacağı için, alınan geri dönüşler programın daha kısa sürede yazılmasını ve tam olarak müşteri isteklerini karşılmasını garanti eder (Borandağ 2006). Bu yöntem oyunu planlama, ekipte müşteri, eşli programlama, ortak sahiplenme, sürekli bütünleştirme, kısa aralıklı sürümler, metafor (benzetme), basit tasarım, standart kodlama, test etmek, yeniden yapılandırma ve haftada 40 saat çalışma olmak üzere on iki temel prensibe dayanmaktadır (Beck 1999, 2000). Bu prensipler sırasıyla iteratif çevrimlerde yapılacak olan işlerin planlanmasını, müşteri gereksinimlerinin birinci ağızdan elde edilmesini, karşılıklı iletişimin geliştirilmesi ve yapılan işin iki kişi tarafından kontrolünü, tüm çalışanların işi sahiplenmesini, projenin bir bütün olarak ilerlemesini, çalışan sürümlerin kısa aralıklarla müşteriye iletilmesini, yapılan işin somutlaştırılarak daha kolay anlaşılmasını, standart bir dile sahip olunmasını, kalite kontrol ve kabul amaçlı testlerin gerçekleştirilmesini, sistemde gözden geçirmelerin yapılmasını, haftalık çalışma süresinin azami olarak kırk saat olması gerektiğini ifade etmektedir.

Yazılım geliştirme yöntemlerinden biri olan ve adını, rugby oyununun başlangıcından önce, oyuncuların bir araya gelip bir sonraki aşamada yapılacak görevlerin belirlenmesinden alan scrum Ken Schwaber ve Jeff Sutherland tarafından literatüre kazandırılmıştır. Bu yöntem, dış faktörlerin ve müşteri isteklerinin sürekli değişken ve tahmin edilemez olduğunu baştan kabul eder ve bu nedenle tüm sürecin detaylı planlanması yerine, kısa süreli çevrimlerden oluşan ve sürekli kontrolü esas alan, deneme-yanılma yöntemine dayanan bir çerçeveyi benimser (Abrahamsson ve diğ. 2002). Çalışanların değişken koşullara uygun bir sistem yaratmasına odaklanmasını ister (Schwaber 1995, Schwaber ve Breedle 2002). Çalışanlar arasındaki iletişim, projenin etkinliğinde önemli rol sahibidir. Çalışanların etkileşimine ve aralarındaki iletişime oldukça önem vermesi sebebiyle sayıca az çalışanın bulunduğu takımlara uygulanması daha kolaydır (Gloger 2011). Scrumda, ürün ve süreç hakkında teknik ve pratik bilgiye sahip, müşterinin projedeki temsilcisi olan ürün sahibi, scrumun projeye doğru bir şekilde uygulanmasından ve sürecin

devamlılığından sorumlu olan scrum yöneticisi, öz düzenleyici ve çapraz fonksiyonlu olarak düzenlenen ve projenin ilerlemesini sağlayan geliştirme takımı olmak üzere çeşitli roller bulunmaktadır (Schwaber ve Breedle 2001). Ayrıca oyun öncesi aşama, oyun aşaması ve oyun sonrası aşama olmak üzere çeşitli scrum aşamaları ve birçok terim mevcuttur. Sprint adı verilen, süresi belirlenmiş çevrimlerden oluşur ve her çevrimin sonunda, müşteriye çalışan program sunabilmeyi amaçlar. Dokümantasyona daha az önem verir ve uzun süren toplantılarla beraber ikisinin zaman kaybına neden olduğunu savunur. Bunun yerine, sözlü iletişim ve kısa süreli ayaküstü toplantıları benimser (Sutherland ve Schwaber 2013).

Ekstrem üretim sürecinin bir diğer bileşeni olan kaizen ise dünya genelinde Toyota Üretim Sistemi olarak da bilinen, kelime anlamı “sürekli gelişim” olan, sadece iş hayatında, üretim hattında değil, günlük yaşamda, evde de benimsenmesi gereken bir felsefedir (Imai 1986). Kaizen yaklaşımı işletmede meydana gelmesi arzu edilen gelişmelerin sadece belirli bir grup tarafından ortaya çıkarılamayacağını kabul etmekte ve tüm çalışanların beceri ve yaratıcılıklarına önem vermektedir. Bu nedenle sürekli iyileştirme sürecinin iş hayatına uygulanması aşaması üst yöneticilerden, operatörlere tüm çalışanları kapsamaktadır. Her ne kadar operatörler üst yönetimden gelen talimatlara göre işlerini yapıyorlarsa da, işlerin gerçekleştirilmesi aşamasında süreci kolaylaştırmak için daha etkin yollar bularak işletmenin toplam verimliliğine katkı sağlayabilirler (Farris 2006). Sürekli gelişim sürecinde, standartları belirlemek, belirlenen standartların devamlılığını sağlamak ve daha sonra da standartları geliştirerek daha üst seviyeye çıkartmak amaçlanmaktadır. Bu yaklaşım kaizen felsefesinin temelini oluşturmakta ve uygulanmasıyla sonu olmayan çevrimlerden oluşmakta, bu yapısı nedeniyle gelişime olanak sağlamaktadır (Frey 2013). Kaizen yaklaşımı süreç devam ederken problemlerin ortaya çıkabileceğini kabul etmekte ve ortaya çıkan problemlere bulunan çözümlerin, süreci daha ileri seviyelere taşıyan en önemli geliştirici faktörlerden olduğunu varsaymaktadır. Problemlerin olmadığı bir yerde, gelişimin gerçekleşmesinin mümkün olmadığı fikrini benimsemektedir. Sürecin iyileştirilmesi için ortaya çıkan problemler görmezden gelinmemeli, enine boyuna incelenerek çözüm yolları belirlenmeli ve en uygun çözüm uygulanmalıdır (Ünalın 2009). Geliştirmelerin önünü açan en önemli pratiklerden biri olan süreç odaklı yaklaşımı benimseyen Kaizen felsefesi, bu özelliği sebebiyle uzun dönemde

çalışanların yeteneklerini, zaman yönetimini, disiplinini ve iletişim gücünü geliştirmesine olanak sağlamaktadır (Imai 1986).

Ekstrem üretim süreci, Joe Justice tarafından ortaya atılmış, işleyiş ve roller bakımından scrumı esas alan, bunun yanında ekstrem programlamanın, kaizenin, yalın üretimin çeşitli kısımlarını da benimseyen bir yöntemdir (Hagel ve Brown 2012). Ekstrem üretim süreci temel olarak, scrum yönteminde bulunan rolleri, iteratif geliştirmeleri (sprint) ve tabloları benimsemektedir. Proje parçalara ayrılarak, geliştirme takımları oluşturulmakta ve her grupta scrum yöneticisi, ürün sahibi ve geliştirmeden sorumlu teknik çalışanlar yer almaktadır. Takımlar öz düzenleyici ve çapraz fonksiyonlu bir yapıya sahiptir. Bu şekilde koordinasyonun artırılması amaçlanmakta, takım üyelerine esneklik sağlanarak, çalışanların geliştirmeler yapmasının önü açılmaktadır. Süreç, sprint olarak adlandırılan iteratif adımlardan oluşmaktadır. Bu sayede parçalara ayrılan projenin daha net bir şekilde tanımlanması ve her bir sprintte yapılacak olan geliştirmelerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Projenin kalan kısmının ve yapılmış olan işlerin görselleştirilmesini sağlamak için kanban tablosu kullanılmaktadır. Bu sayede çalışanların, yaptıkları işe daha kolay bir biçimde odaklanması sağlanmakta ve proje şeffaflaştırılmaktadır. Süreçte, ekstrem programlamadan; eşli programlama ve test etme prensipleri başlıca benimsenen yapı taşlarıdır. Eşli çalışma metodu, karşılıklı öğrenme faaliyetlerine zemin hazırlaması ve yapılan iş için dokümantasyon yapma gereksinimini ortadan kaldırması nedeniyle tercih edilmektedir. Bu sayede çalışanların işten ayrılması veya başka bir takıma geçmesi halinde adaptasyon süreci ortadan kalkmakta, çalışanlar pratik bilgiyi, daha tecrübeli olan takım arkadaşından öğrenmektedirler. Her bir kısım için geçerlilik testleri, süreç başlarken hazırlanmakta ve bu testlere göre kabul ve projenin önceki aşamaları ile birleştirme işlemleri yapılmaktadır. Kaizen yaklaşımı ise tüm bu benimsenen değerlerin üzerinde yer alan ve sürekli gelişim amacıyla tüm çalışanların izlemesi gereken bir felsefe olarak süreçte yerini almaktadır (Denning 2012, Kupp ve diğ. 2013). Bu yöntemi kullanarak, Joe Justice ve gönüllülerden oluşan takım "Wikispeed", 3 ay içinde 100 km'de ortalama 2.3 litre benzin harcayan, 0-100 km'yi 5 saniyenin altında alabilen bir konsept otomobil üretmeyi başarmış ve Progressive Insurance Automobile X-Prize'da yarışabilmeye hak kazanmışlardır (Tincq 2014). Fakat asıl önemli olan yarışmaya hak kazanabilmek veya yarışmayı kazanmak değil bu literatüre yeni kazandırılmış yöntemle, yarışmadan sonra bile, dağılmadan,

hedefleri olan perakende satışa hazır, yakıt ekonomisi açısından ultra efektif otomobili üretmeyi başarabilmeleridir. Bu yöntemin başlıca yedi prensibi bulunmaktadır. Bunlar: her süreç, parça, tasarım kolay değiştirilebilir ve geliştirilebilir olacak şekilde planlanmasını içeren, değişim için optimizasyon; sistemi, aralarında etkileşimlerin bulunduğu parçalar bütünü olarak niteleyen modüler tasarım; süreç, parça veya tasarım tasarlanmadan önce, iteratif sürecin sonunda tabii tutulacağı testin düzenlenmesini içeren test tabanlı geliştirme; yinelemeli süreçlere dayalı geliştirme metodu olan iteratif geliştirme; süreçler, parçalar ve tasarımların ayrı ayrı olduğu kadar bir araya getirildiklerinde de etkin ve verimli çalışmasını garanti altına alan sürekli tümleştirme; projenin büyüklüğünün, ihtiyaç duyacağı sürenin ve takım sayısının belirlenmesini sağlayan kapsam ve büyüklüğün tayini ve sürecin gecikmeler ve uyumsuzluklardan etkilenmemesi için tedarikçilerle kurulan kuvvetli ilişkilerin ve karşılaşılacak olası problemlerin ortadan kaldırılmasını içeren tedarikçilerin seçimidir (Stevens 2013, Justice 2014).

Bu çalışmada, ekstrem üretim sürecinin yedi prensibinden biri olan tedarikçi seçimi problemi üzerine odaklanılmıştır. Üretimin kısa sürede ve hatasız şekilde tamamlanabilmesinde tedarikçilerin payı büyüktür. Doğru tedarikçilerle çalışmak, işletmenin performansında gözle görülebilir bir etki sağlayacaktır. Ekstrem üretim sürecinin de düzgün ve hızlı şekilde devam edebilmesi için çalışılacak tedarikçilerle uzun süreli ilişkiler kurmak tercih edilebilir. Bu kapsamda tedarikçileri seçerken sadece maliyet odaklı değil farklı ölçütleri baz alarak değerlendirme yapmak uygun olacaktır. Bu problem, literatürde sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemi olarak adlandırılmaktadır. Çalışmamızın ana konusu olan sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemi, işletmenin kendi ve içinde bulunduğu sistemin devamlılığını sağlaması için aldığı kararlarda ekonomik kriterlerin yanında sosyal ve çevresel kriterleri de dikkate alarak nihai sonuca ulaşması şeklinde tanımlanabilir. Sürdürülebilirliğin tüm boyutları birbirleriyle etkileşimli oldukları için, her ne kadar çelişen noktalar olarak görünseler de uzun zaman sürecinde sistemin işleyişi, aralarında kurulan dengeye bağlıdır (Nemli 2004, Kuş 2012).

1.1 Problem Tanımı

Bu çalışmada sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemine çözüm aranmıştır. Bu problemin, tedarikçilerin devamlılığının, zamanında teslimatın, sosyal gereksinimlerin oldukça önemli olduğu ekstrem üretim sürecinde uygulanması, sürdürülebilirlik kriterleriyle uyum sağlaması açısından uygun görülmektedir. Bu aşamada, çalışmanın ortaya çıkmasına neden olan problem, ekstrem üretim sürecinin temel prensiplerinden biri olan tedarikçi seçiminin, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik boyutlarıyla ele alınarak, çözümüne yönelik sistematik bir yaklaşımın önerilmesidir.

Her işletme ve sektörde olduğu gibi ekstrem üretim sürecinde de tedarikçilerin belli kriterlere göre sıralanması ve en uygununun belirlenmesi oldukça önemlidir. Karar probleminde var olan belirsizliklerin ve ekstrem üretim sürecinin baştan kabul ettiği, proje kapsamında ve içeriğinde meydana gelebilecek diğer belirsizliklerin probleme daha iyi yansıtılabilmesi için çalışma kapsamında dilsel değişkenler ve bulanık sayılardan faydalanılmıştır.

Genel değerlendirme sürecinde, sürdürülebilir tedarikçi seçim kararlarında etkisi olduğu gözlemlenen on üç kriter literatür araştırması sonucu belirlenmiştir. Üzerinde fikir birliğine varılan kriterler, uzman görüşleri yardımıyla dört farklı tedarikçi için dilsel değişkenler biçiminde ifade edilmiştir. Kriterlerin ağırlıkları bulanık DEMATEL yöntemiyle araştırılmış ve daha sonra da tedarikçilerin önem dereceleri ve en uygun tedarikçiler bulanık gri ilişkisel analiz yöntemiyle belirlenmiştir. En son bölümde ise tedarikçilerin önem derecelerinden faydalanılarak, tedarikçilerden verilmesi gereken sipariş miktarları bulanık doğrusal programlama kullanılarak belirlenmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında, sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemi için bütünlük bir yöntem önerilmesi amaçlanmıştır. Bu probleme uygun bir uygulama alanı olarak düşünülen ekstrem üretim süreci hakkında genel bilgiler verilmiş, daha sonra da sürecin önemli prensiplerinden olan tedarikçi seçiminin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, bir işletme için sosyal, ekonomik ve çevresel

faktörler dikkate alınarak uygun tedarikçilerin belirlenmesi ve belirlenen tedarikçilerden verilmesi gereken sipariş miktarlarını saptamaya yönelik bir yöntem geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmanın diğer bir amacı da bu problemden yola çıkarak akademik çevre ve özel sektörde kullanılmak üzere sistematik bir model oluşturabilmek ve konuyla ilgilenenlere kaynak olabilmektir.

1.3 Tezin Önemi ve Literatüre Katkısı

Günümüzde müşterilerin isteklerini doğru analiz etmek ve bu istekleri en kısa sürede karşılayabilmek firmalar için bir zorunluluk haline gelmiştir. Firmalar talepleri karşılarken aynı zamanda üretim tekniklerini de geliştirmeli ve daha esnek bir yapıya sahip olmalıdır. Tüm bu gelişmeler yaşanırken, yeryüzünde bulunan kısıtlı kaynakların gelecek nesiller düşünülerek en verimli şekilde yönetilmesi gerekmektedir. İşletmelerin ve içinde bulunan sistemlerin devamlılıklarının sağlanması için kararlar alınırken, sürdürülebilirliğin ekonomik olduğu kadar sosyal ve çevresel boyutlarının da dikkate alınması gerekmektedir.

Bakıldığında işletmelerin tedarikçi ağını oluştururken aldığı kararlarda sürdürülebilirlik kriterlerinin önemini kavrayamadığı, ekonomik boyuta ağırlık vererek diğer boyutları es geçtiği gözlemlenmiştir. Oysaki sürdürülebilirlik konusunda yapılan çalışmalar ve sistemin var olan durumu, tüm boyutların birbirleriyle ilişkili olduğunu ve gelişmenin boyutlar arasında uzlaşma sağlanması ve boyutların en etkili şekilde düzenlenmesi gerektiğini göstermektedir.

Yapılan çalışmada, sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemine uygun olduğu düşünülen oldukça yeni bir konu olan ekstrem üretim süreci kısaca açıklanmıştır. İşletmelerin, müşterilerin isteklerine daha kısa sürede cevap vermesine ve daha az kaynak kullanarak üretim yapılabilmesine olanak sağlaması düşünülen süreçte, en uygun ve sürdürülebilir tedarikçilerin belirlenmesi ve belirlenen tedarikçilerden verilmesi gereken sipariş miktarının saptanması, bütünleşik bulanık DEMATEL, bulanık gri ilişkisel analiz ve bulanık doğrusal programlama yöntemleriyle araştırılmıştır.

1.4 Tezin Organizasyonu

Sürdürülebilir tedarikçi seçimini konu alan çalışmanın ilk bölümünde konuya giriş yapılarak, konuya uygun bir uygulama alanı olarak düşünülen ekstrem üretim süreci ve süreci oluşturan yaklaşımlar ana hatlarıyla incelenmiş, problem tanımlanmış, tezin amacı, önemi, literatüre katkısı ve bölümleri açıklanmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı, kavramın boyutları, önemi ve tedarikçi seçimi sürecinin aşamaları, gruplandırılması, tedarikçi seçim kriterlerine ikinci bölümde yer verilmiştir. Bir sonraki bölüm olan üçüncü bölümde konu hakkında yapılan çalışmaların derlendiği literatür araştırması bulunmaktadır. Dördüncü bölümde sürdürülebilir tedarikçi seçimi için çalışmada kullanılan yöntemler olan bulanık DEMATEL, bulanık gri ilişkisel analiz ve bulanık doğrusal programlama açıklanmıştır. Yöntemlerin uygulamaya döküldüğü, tedarikçi seçimi için belirlenen yöntemler yardımıyla yapılan hesaplamaların ve belirlenen kriterler sonucunda elde edilen değerlerin yer aldığı beşinci bölümde, işletmenin alacağı karar için tedarikçilerin sürdürülebilirlik açısından nihai sıralamaları ve bu önem derecelerine göre tedarikçilerden verilmesi gereken sipariş miktarları bulunmaktadır. Son bölüm olan altıncı bölümde ise yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgular açıklanmış ve konuyla ilgilenenlerin üzerinde çalışabileceği öneriler dile getirilmiştir.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİR TEDARİKÇİ SEÇİMİ

2.1 Tedarikçi Seçimi Problemi

Tedarikçi seçimi problemi genel olarak, işletme tarafından ihtiyaç duyulan hammadde, yarı mamul ve diğer malzemelerin, hangi üretici veya dağıtıcıdan alınacağını belirlenmesi olarak tanımlanabilir (Güner 2005). Tedarikçi seçimi ile gereksinim duyulan malzemelerin, uygun fiyattan, istenilen miktarlarda ve istenilen kalite düzeyinde elde edilmesini sağlayacak tedarikçilerin bir takım değerlendirme kriterlerine göre sıralanması ve/veya en uygun olanının/olanlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Tedarikçi seçimi yapılırken her zaman tedarikçilerle tam uyum gerçekleşmeyebilir, bu gibi durumlarda ideal tedarikçiye en yakın işletme seçilerek eğer mümkünse tedarikçinin daha sonra geliştirilmesi yoluna gidilebilmektedir (Topoyan 2015).

İşletmelerde satın alma ve tedarik maliyetlerinin, işletmenin toplam maliyetlerinin %70'ine ulaşabildiği düşünüldüğünde, tedarikçi seçiminin maliyetlerin azaltılması ve rekabet avantajı sağlanmasında oldukça önemli bir etken olduğu görülmektedir (Ghodsypour ve O'Brien, 1998).

Tedarikçi seçimi problemleri çeşitli faktörlere göre sınıflandırılmıştır. Aşağıda farklı yapılardaki problemler için önerilen gruplandırma yaklaşımları açıklanmıştır.

2.1.1 Ürüne Göre Tedarikçi Seçimi Problemleri

Ürüne göre yapılan tedarikçi seçimi problemleri üç kısımda incelenebilir. Bunlar: Yeni bir ürün, ürün değişikliği ve mevcut ürün olarak gruplandırılabilir (Boer ve diğ. 2001, Güner 2005).

Yeni Bir Ürün

İşletme yeni bir pazara girdiğinde, ürün gamını geliştirmek için yeni bir ürün üretilmesine karar verdiğinde daha önceden çalışmadığı tedarikçilerle çalışmak zorunda kalmaktadır. Bu nedenle elinde tedarikçileri değerlendirebileceği çok fazla

bilgi bulunmamaktadır. Bu durumda belirsizlik oldukça fazladır ve karar verme süreci oldukça zordur.

Ürün Değişikliği

İşletmenin mevcut ürünün bir kısmını değiştirerek üretmek istemesi sonucunda ortaya çıkan, daha önceden ürünü üreten tedarikçilerin piyasada bulunduğu, bu nedenle tedarikçiler hakkındaki bilgilerin sınırlı olsa bile bulunduğu durumu ifade etmektedir.

Mevcut Ürün

Mevcut durumda, hâlihazırda üretilen ürün için çalışılan tedarikçinin performansının yeterli bulunmaması veya daha etkili ve verimli bir tedarikçiyle çalışma isteğinin doğması gibi nedenlerle ortaya çıkan tedarikçi seçimi türüdür. Bu durumda, çeşitli tedarikçiler hakkındaki bilgiler değerlendirme için işletme tarafından bilinmektedir. Bu nedenle belirsizlik diğer durumlara göre daha azdır ve değerlendirme süreci nispeten daha kolaydır.

2.1.2 Tedarikçi Sayısına Göre Tedarikçi Seçimi Problemleri

Ghodsypour ve O'Brien (1998), yapmış oldukları çalışmada tedarikçi seçimi problemlerini, kaynak sayısına göre gruplandırmışlardır. Bu tür sınıflandırmada, tek kaynaklı ve çok kaynaklı tedarikçi seçimi problemleri olmak üzere iki sınıf bulunmaktadır.

Tek Kaynaklı Tedarikçi Seçimi Problemleri

Bu durumda tek bir tedarikçinin, işletmenin tüm gereksinimlerini karşılayabileceği düşünülmektedir. İşletme, belirlemiş olduğu kriterlere göre değerlendirmeye aldığı tedarikçilerden en uygununu seçerek gereksinimlerini seçilen tedarikçiden karşılar. Seçilmiş olan ve değerlendirmeye katılan tedarikçilerin kapasitelerinin, gereksinim duyulan malzemelerin temini açısından, oldukça fazla olması veya sınırsız olması gerekmektedir.

Tek tedarikçiyle çalışılması (Leenders ve Fearon 2000);

- teslimatların daha kolay çizelgelenebilmesi,
- tedarikçi takibinin daha kolay yapılabilmesi,
- daha güçlü bir ilişkinin kurulup, iletişimin hızlandırılabilmesi,
- malzeme kalitesinde meydana gelebilecek sapmaların engellenebilmesi

gibi avantajları bünyesinde barındırmaktadır.

Çok Kaynaklı Tedarikçi Seçimi Problemleri

Bu durumda işletme gereksinimlerini tek bir tedarikçiden karşılamak yerine, malzeme ihtiyaçlarını çeşitli tedarikçiler arasında dağıtır. Birden fazla tedarikçi ile çalışıldığında tedarikçilerin sıralamalarını yapılmasına ek olarak, her bir tedarikçiden temin edilecek malzeme miktarları da belirlenmeli ve ona göre sipariş gerçekleştirilmelidir. Birden çok tedarikçi ile çalışılması (Waters 2003);

- malzemelerin tedarik edilebilme olasılıklarının artması,
- tedarikçiler arasındaki fiyat rekabetinden faydalanılabilmesi,
- tedarik sürelerinin azaltılabilmesi,
- temin edilen malzemelerin kalitelerinde artış sağlanabilmesi,
- farklı ve değişken taleplere daha kolay cevap verilebilmesi,

gibi avantajlara sahiptir.

2.1.3 Tedarikçi Seçim Süreci

İşletmeler mal ve hizmet üretebilmek için ihtiyaç duydukları malzemeleri temin edecekleri ve birlikte çalışacakları tedarikçileri değerlendirirken genellikle çeşitli adımlardan oluşan bir süreci takip ederler. Bu süreç tedarikçi seçim kriterlerinin belirlenmesi ve tedarikçi havuzunun oluşturulmasıyla başlamakta, kaynak temini stratejisinin belirlenmesi, tedarikçi değerlendirilmesinde kullanılacak yöntemin belirlenmesi ile devam etmekte ve tedarikçi seçiminin gerçekleştirilmesi ile son bulmaktadır (Öz ve Baykoç 2004, Güner 2005, Power ve diğ. 2006).

Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi ve Tedarikçi Havuzunun Oluşturulması

Tedarikçi seçimi problemi, işletmenin ihtiyaç duyduğu ve dışarıdan temin etmeyi düşündüğü malzemelerin belirlenmesiyle başlamaktadır. İhtiyaç duyulan malzemelerin miktarı, özellikleri, kalite seviyesinin yanında birlikte çalışılacak olan tedarikçilerden beklenen tutum, mal veya hizmetin teslim süresi ve işletmenin olası tedarikçilerinde bulunmasını istediği birçok özellik, tedarikçi seçim kriterleri olarak belirlenir. Daha sonra belirlenmiş olan kriterler dikkate alınarak tedarikçi araştırması yapılır ve ilk aşamada belirlenen kriterleri sağlamayan tedarikçiler elenir.

Kaynak Temini Stratejisinin Belirlenmesi

Bu aşama, işletmenin gereksinim duyduğu mal veya hizmetlerin temini için tek tedarikçi veya birden fazla tedarikçi ile çalışılmasının kararının verildiği adımdır ve bu noktada verilen karara göre satın alma stratejisi belirlenmektedir.

Tedarikçilerin Değerlendirilmesinde Kullanılacak Yöntemin Belirlenmesi

Doğrusal, dinamik, stokastik, hedef, çok amaçlı programlama, çok kriterli karar verme yöntemleri, oyun teorisi modelleri gibi tedarikçi seçiminde kullanılacak birçok farklı yöntem bulunmaktadır. İşletme birlikte çalışacağı tedarikçilerin seçimini doğrudan etkileyecek bu süreçte, amaçlarına ve isteklerine uygun olan bir yöntemi seçebilir.

Seçimin Gerçekleştirilmesi

İlk aşamada belirlenen kriterler kullanılarak, tedarikçi havuzunda bulunan tedarikçilerin, sonraki aşamada belirlenen kaynak temini stratejisine göre ve belirlenen değerlendirme yöntemi kullanılarak sıralandığı ve son kararın verildiği aşamadır.

2.1.4 Tedarikçi Değerlendirme Kriterleri

Tedarikçi seçiminde hedef, işletmenin gereksinim duyduğu malzemeleri, en iyi şekilde ve kabul edilebilir bir maliyetle karşılayacak tedarikçi veya tedarikçilerin

belirlenmesidir. İşletmelerin ihtiyaçları ve öncelikleri, sektörel olarak, işletmenin üretim tipine bağlı olarak, işletmenin yapı ve stratejilerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Tedarikçilerin seçimlerinde dikkate alınan nitel ve nicel kriterler, çoğu zaman aralarında çelişmektedirler. Bu noktada işletme, en uygun tedarikçi veya tedarikçileri seçmek için belirlemiş olduğu birbirleriyle çelişen kriterler arasında öncelikleri belirlemeli ve bir karara varmalıdır (Uyanık 2005).

Tedarikçi değerlendirme kriterleri hakkında yapılan çalışmalar oldukça eskilere dayanmaktadır. Şirketlerin tedarikçileri değerlendirirken en çok kullandığı kriterler 1966 yılında Dickson tarafından yapılmış olan bir anket çalışması sonucunda belirlenmiş ve önem derecelerine göre sıralanmıştır (Dickson 1966). Yapılan bu çalışmanın sonucunda oluşturulan kriter önem tablosu Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Kriter önem sıralaması (Dickson 1966)

Sıra	Kriter	Sıra	Kriter
1	Kalite	13	Yönetim ve organizasyon
2	Teslimat	14	İşletim maliyetleri
3	Performans	15	Tamir hizmeti
4	Garanti ve şikayet politikaları	16	Tedarikçi tavırları
5	Üretim tesisi ve kapasite	17	Etki
6	Fiyat	18	Ambalajlama kabiliyeti
7	Teknik açıdan yeterlilik	19	Çalışanlarının kayıtlarının tutulması
8	Finansal durum	20	Coğrafik konum
9	Prosedürlere uyma	21	Geçmiş işlerin durumu
10	İletişim	22	Eğitim
11	Sanayideki durum	23	Karşılıklı anlaşmalar
12	İş için istekli olma		

Tablo 2.1 incelendiğinde tedarikçi seçiminde en önemli kriterlerin sırasıyla kalite, teslimat ve performans olduğu gözlemlenmiş, fiyat kriterinin beklenilen aksine altıncı sırada yer alması şaşkınlık yaratmıştır (Güner 2005).

Yıllar içinde tüketici gereksinimleri, mevzuat ve yasalar değişmekte ve buna paralel olarak işletmelerin tedarikçi değerlendirmede kullandığı kriterler ve öncelikleri de değişkenlik göstermektedir. Özellikle 1990’lı yıllarda daha da önem kazanan kaynakları etkin kullanma, geri dönüşüm, çevreye saygılı üretim anlayışı, bir takım yasalar ve yaptırımlarla da desteklenerek işletmelerde çevre bilincinin geliştirilmesi amaçlanmıştır (Nemli 2001). Son yıllarda bu gibi etkenler sonucunda işletmeler yeşil ve sürdürülebilirlik kavramlarına yönelmişlerdir.

2.2 Sürdürülebilirlik

Ekolojide, biyolojik sistemlerin çeşitliliği ve üretkenliğinin devamlılığının korunması anlamına gelen sürdürülebilirlik, iş dünyasında, kısıtlı kaynakların gelecek yıllar düşünülerek optimum şekilde yönetilmesi şeklinde tanımlanabilir (Yalçinkaya ve diğ. 2011, Kılıç 2014).

Sürdürülebilir kalkınma kavramı ilk defa Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından 1987 yılında “Gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılama olanaklarını kısıtlamaksızın bugünün ihtiyaçlarının karşılanması” şeklinde ifade edilmiştir (Hun 2015). 1990’lı yıllara kadar, işletmelerin sürdürülebilirlik ve çevre konusunu ihmal etmelerinin en önemli nedenlerinde birisi çevre kavramının eksik tanımlanmış olmasıdır. İşletmeler ekonomik ve teknolojik faaliyetlere odaklanmakta ve içinde bulunduğu çevreyi müşteriler, tedarikçiler, hükümet, çalışanlar, rakipler olarak görmekte bu sebeple doğal ve sosyal kaynakların kullanıma çok önem göstermemekteydi. Doğada meydana getirilen hızlı bozulma, doğal kaynakların hunharca kullanılması sonucu sınır değerlerine ulaşılması, sürdürülebilirlik ve çevrenin korunması konularında yaptırımların yürürlüğe konulmasını kaçınılmaz hale getirmiştir. Buna ek olarak, çevreye duyarlı olunması konusunda müşterilerden gelen talepler de işletmeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına, daha az atık üretilmesine, daha fazla geri dönüşümün yapılmasına itmektedir (Shrivastava 1993, Nemli 2001).

Sürdürülebilirlik kavramı, üçlü performans (triple bottom line) olarak adlandırılan ve sürdürülebilirliği, ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç boyutta ele alan, Elkington tarafından önerilen yaklaşım ile işletme hayatına girmiş ve geniş kitlelerce kabul edilmiştir (Elkington 1997). Bu yaklaşıma göre sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi ve refahın arttırılabilmesi için sosyal, ekonomik ve çevresel etkenlerin hepsinin hayata geçirilmesi, aralarında bir dengenin kurulması ve performanslarının geliştirilmesi gerekmektedir.

2.2.1 Ekonomik Sürdürülebilirlik

Ekonomik sürdürülebilirlik, işletmenin veya şirketlerin oluşturduğu tüm zincirin finansal açıdan devamlılığının sağlanmasıdır. Burada kastedilen devamlılık

sadece bir dönemin değil gelecek nesillerin de göz önüne alındığı oldukça uzun bir dönemi kapsamaktadır. Ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanmasında bir diğer kural yapılan yatırımların sonucunda en kötü ihtimalle sermayenin, zamanla aynı seviyede tutulmasıdır. Bu sayede gelecekte yeni yatırımların yapılabilmesi garanti altına alınabilmektedir. En önemli kurallardan bir diğeri ise üretim kaynaklarının en verimli şekilde kullanılmasıdır. Verimlilikten kasıt gelecek nesillerin de dikkate alınarak bencillığe yer verilmeden gerek duyulan malzemelerin kullanılmasıdır (Nemli 2004, Kuş 2012).

2.2.2 Çevresel Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirliğin bu boyutu doğal kaynakların kullanımının en verimli şekilde gerçekleştirilmesi, ekosistemin korunması gerekliliği üzerine yoğunlaşmaktadır. Nüfus artışı, aşırı tüketim, çevre kirliliği gibi etkenler sonucunda ekosistemin kendini yenilemesi tehdit altına girmiş, dünyanın taşıma sınırına ulaşması hızlanmıştır. Bu nedenle, doğal kaynaklar gelecek nesiller düşünülerek kullanılmalı ve ortaya çıkan atık miktarı minimum seviyede tutularak atıkların geri dönüşümü sağlanmalıdır (Carter ve Rogers 2008, Yalçınkaya ve diğ. 2011).

2.2.3 Sosyal Sürdürülebilirlik

Sosyal sürdürülebilirlik şu an yaşamakta olan ve gelecekte yaşayacak olan nesillerin tümünün aynı haklara ve hayat standartlarına sahip olması gerektiğini savunmaktadır. Gelecek nesillerin, bugünün toplumlarıyla doğal kaynakları kullanabilme ve karar verebilme yeteneğinin eşitliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu noktada paydaşlar ve müşterilerle olan ilişkilerin devamlılığı, tüm çalışanlar için uygun ve güvenli çalışma ortamının sağlanması sürdürülebilirliğin sosyal boyutu altında incelenmektedir (Nemli 2004, Kuş 2012).

Sürdürülebilirliğin üç boyutu da birbirine sıkı sıkıya bağlıdır ve her biri diğerlerini tetiklemektedir. Boyutların hepsi birbirine ihtiyaç duymaktadır ve işletmelerin devamlılığı olan bir gelişim sağlamaları için her boyutu düşünmeli ve tümünü en üst seviyeye çıkarmaya çalışmalıdır (Yalçınkaya ve diğ. 2011).

2.3 Bölüm Özeti

Bu bölümde ilk olarak çalışmanın konusunu oluşturan tedarikçi seçimi problemi incelenmiş olup problem çeşitli yaklaşımlara göre gruplandırılmıştır. Daha sonra tedarikçi seçim süreci ana hatlarıyla açıklanmış ve sürecin sonuçlandırılmasında öneme sahip olan tedarikçi değerlendirme kriterlerine değinilmiştir. Tedarikçi değerlendirme kriterlerinin önem derecelerinin zaman içerisinde farklılık gösterdiği, ekosistemde meydana getirilen tahribat, doğal kaynakların sınır değerlerine ulaşması sonucu sürdürülebilirlik kavramının tedarikçilerin değerlendirilmesinde artan bir öneme sahip olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda çalışmada sürdürülebilirliğin üç boyutu açıklanmış ve gelecek bölümde sürdürülebilir tedarikçi seçimi konusunda yapılan çalışmalar incelenmiştir.

3. LİTERATÜR

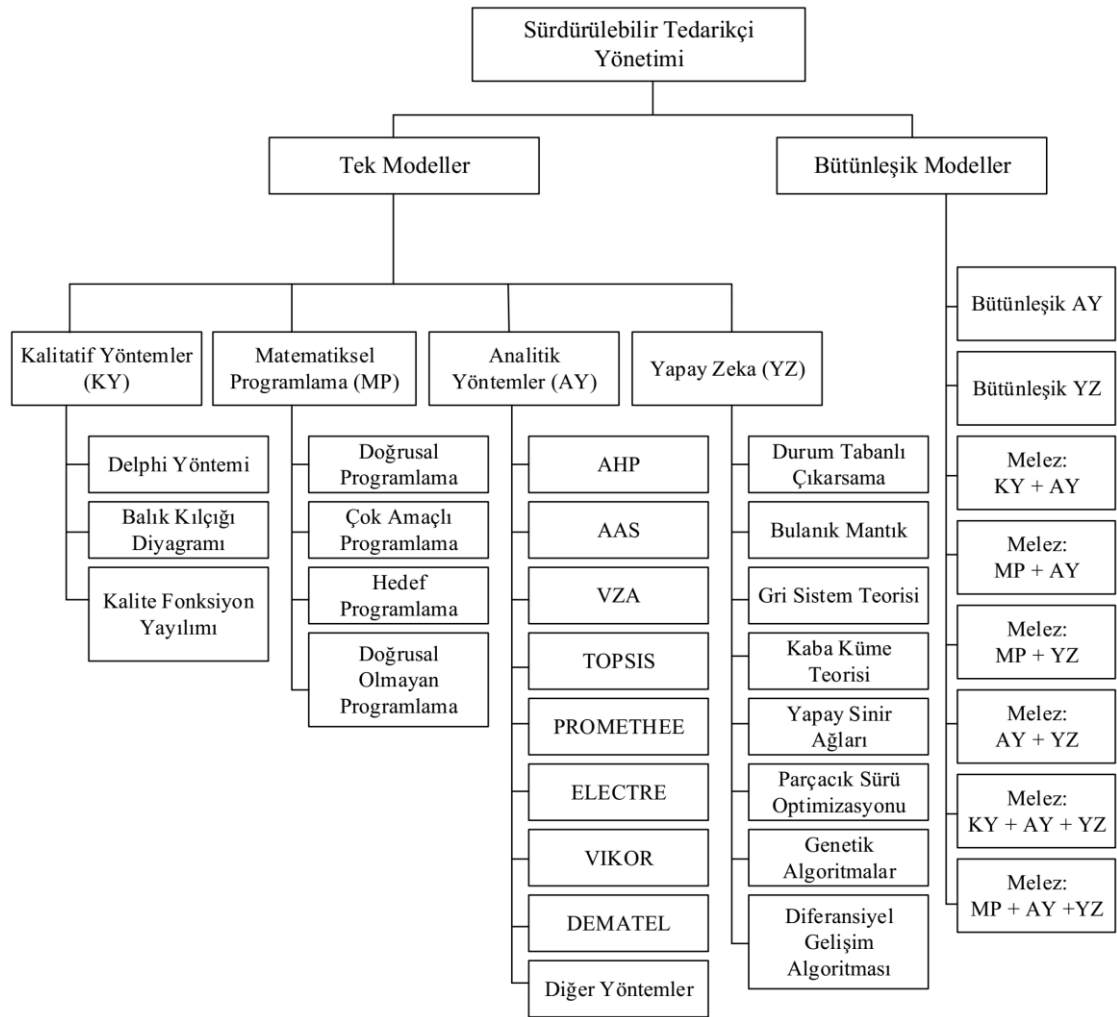
3.1 Kaynak Taraması

Çalışmanın bu bölümünde konuyla ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelenmiştir. Ekstrem üretim sürecinin oldukça yeni bir konu olması nedeniyle konuyla ilgili yapılan çalışmalar, literatür derlemesi yapmaya yetecek düzeyde ve zenginlikte değildir. Bu nedenle literatür bölümünde sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemine ağırlık verilmiştir.

Günümüzün rekabetçi iş dünyasında firmaların karlılığı, kendi iç verimlilikleri ve kaynak kullanımlarının yanı sıra, içinde bulunduğu tedarik zincirinin işbirliği derecesi ve etkinliğiyle doğrudan ilişkili hale gelmektedir. Bu nedenlerle tedarikçi performans değerlendirmesi ve tedarikçi seçimi, etkin ve verimli tedarik zincirinin oluşturulması için oldukça önemlidir. Tedarikçi seçimi problemi literatürde oldukça çok çalışılan problemlerin başında gelmektedir. Problem içinde birden fazla kriteri içerdiği için çok kriterli karar verme problemlerine örnektir ve problemin çözümü için farklı çok kriterli karar verme yöntemleri uygulanmıştır. Chai ve diğ. (2013) ve Ho ve diğ. (2009) tedarikçi seçimi üzerine yapmış oldukları çalışmada, karar verme sürecinde en çok kullanılan yöntemin AHP olduğunu, onu doğrusal programlamanın izlediğini, TOPSIS, AAS ve veri zarflama analizinin onları takip ettiğini ve bulanık küme teorisinin artan bir trende sahip olduğunu belirlemiştir. Sonraki çalışmalarda aralık değerli bulanık setler ve ikizkenar yamuk bulanık setlerin tedarikçi seçimi problemlerinde sıklıkla kullanılacağını öngörmüştür.

Tez konusu olan sürdürülebilir tedarikçi seçimi, son yıllarda önemi giderek artan sürdürülebilirlik kavramı ile ortaya çıkmıştır. Bu alanda oldukça kapsamlı literatür derlemeleri yapılmıştır. On dokuz yılı kapsayan, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetiminde kullanılan kantitatif modelleri inceleyen Brandenburg ve diğ. (2014), analitik yaklaşımlar ve matematiksel modellemenin en çok kullanılan yöntemler olduğunu, çok kriterli karar verme yöntemlerinin yanı sıra çok amaçlı doğrusal programlamadan sıklıkla yararlandığını belirlemişler, ayrıca gelecek çalışmalarda sürdürülebilirliğin sosyal boyutuna daha fazla önem verilmesini önermişlerdir. Zimmer ve diğ. (2015) 1997-2014 yılları arasında kapsayan, sürdürülebilir tedarikçi

yönetimini ve kullanılan modelleri konu alan kapsamlı bir derleme makale oluşturmuşlardır. Çalışmadan elde edilen bilgilerden yararlanarak sürdürülebilir tedarikçi yönetiminde kullanılan yöntemler Şekil 3.1’de gösterildiği üzere tek modeller ve bütünlük modeller olmak üzere iki ana başlıkta incelenebilir. Tek modeller kendi içinde kalitatif yöntemler, matematiksel programlama, analitik yöntemler ve yapay zeka olmak üzere dört ana bölüme ayrılırken, bütünlük modeller sekiz ana bölüme ayrılmıştır. Kantitatif yöntemler kendi içinde üç başlığa, matematiksel programlama kendi içinde dört başlığa, analitik yöntemler kendi içinde on bir başlığa ve yapay zeka da kendi içinde sekiz başlığa ayrılmıştır.



Şekil 3.1: Sürdürülebilir tedarikçi yönetiminde kullanılan yöntemler (Chen 2011, Bruno ve diğ. 2012, Kannan ve diğ. 2013, Brandenburg ve diğ. 2014, Zimmer ve diğ. 2015)

Bu bölümde 2010 yılından itibaren sürdürülebilir tedarikçi seçimi konusuyla ilgili olan çalışmalar özetlenmiştir. Bu çalışmalar, Tablo 3.1’de yazarlar, yıl ve kullanılan yöntemler başlıkları altında listelenmektedir.

Tablo 3.1: Sürdürülebilir tedarikçi seçimi çalışmaları

Yazarlar	Yıl	Kullanılan yöntemler
Trapp ve Sarkis	2016	İkili tam sayılı programlama
Yousefi ve diğ.	2016	Dinamik veri zarflama analizi ve robust modelleme
Azadi ve diğ.	2015	Bulanık veri zarflama analizi
Orji ve Wei	2015	Sistem dinamikleri, simülasyon ve bulanık TOPSIS
Govindan ve diğ.	2015	Çok amaçlı meta-sezgisel yöntemler (AMOEMA ve AMOVNS)
Su ve diğ.	2015	Gri sistem teorisi ve DEMATEL
Sarkis ve Dhavale	2015	Bayes teoremi ve Monte Carlo Markov Zinciri
Avcı Öztürk ve Özçelik	2014	Bulanık TOPSIS
Chaharsooghi ve Ashrafi	2014	Bulanık TOPSIS
Ghadimi ve Heavey	2014	Bulanık çıkarım sistemi
Mani ve diğ.	2014	AHP
Amindoust ve diğ.	2012	Bulanık çıkarım sistemi
Azadnia ve diğ.	2012	Bulanık AHP, yapay sinir ağları ve TOPSIS
Shaw ve diğ.	2012	Bulanık AHP ve bulanık çok amaçlı doğrusal programlama
Büyüközkan ve Çifçi	2011	Bulanık ANP
Bai ve Sarkis	2010	Kaba kümeler ve gri sistem teorisi

Bu alanda son dönemde çalışma yapan bilim adamlarından Trapp ve Sarkis (2016) önerdikleri ikili tam sayılı doğrusal programlama modeliyle, sürdürülebilir tedarikçi seçimini ve tedarikçilerin kabul edilebilir sürdürülebilirlik seviyesinden olan uzaklıklarının hesaplanabilmesini gerçekleştirmişlerdir. Bu sayede kısıt değerlerinin esnetilerek, karşılaşılan farklı durumlarda ne şekilde karar verilmesinin işletme için uygun olacağını araştırmışlardır.

Sürdürülebilir tedarikçi seçiminde veri zarflama analizi ve gürbüz optimizasyondan yararlanmış olan Yousefi ve diğ. (2016), yaptıkları çalışmada öncelikle dinamik veri zarflama yöntemiyle tedarikçiler için çeşitli senaryolar oluşturmuş, daha sonra oluşturulan senaryolardan yararlanarak, gürbüz modelleme metoduyla tedarikçileri değerlendirmiştir.

Birçok farklı sektörde kendisine uygulama alanı bulan sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemi, Azadi ve diğ. (2015) tarafından sentetik reçine üretim sektöründeki firmalara uygulanmıştır. Yapmış oldukları çalışmada yazarlar, geliştirilmiş Russell uzaklığını esas alan bulanık veri zarflama analizi metodunu kullanmışlardır. Elde

edilen değerleri farklı alfa değerleri için hesaplayarak, firmaları etkinlik, verimlilik ve üretkenlik olmak üzere üç farklı açıdan değerlendirmişlerdir.

Orji ve Wei (2015), karar verme sürecine zaman faktörünü de dahil ederek, sistem dinamikleri modeli ve simülasyon yönteminden yararlanarak tedarikçi seçimi probleminin zaman içindeki değişimini (geçmiş, bugün, gelecek) incelemiş ve elde edilen sonuçları bulanık TOPSIS yönteminin bulgularıyla karşılaştırmıştır.

İran’da faaliyet gösteren bir otomobil fabrikasının tedarik zinciri ağı Govindan ve diğ. (2015) tarafından sürdürülebilirlik faktörleri dikkate alınarak baştan tasarlanmıştır. Tasarıma tedarikçilerin sınıflandırılması, üretim yerlerinin tayini, dağıtım merkezlerinin belirlenmesi, dağıtım şeklinin (çapraz sevkiyat-direkt gönderim) saptanması ve stokastik talebin karşılanması dâhil edilmiştir. Uygun çözüm iki meta-sezgisel yöntem olan AMOEMA (adapted multi-objective electromagnetism mechanism algorithm – uyarlanmış çok amaçlı elektromanyetik gelişim algoritması) ve AMOVNS (adapted multi-objective variable neighborhood search – uyarlanmış çok amaçlı değişken komşuluk arama) metotlarının birlikte kullanılması sonucu araştırılmıştır.

Karar verme sürecinde uzmanların tümünün her kriter hakkında bilgisini olamayacağını varsayan ve bu gibi eksik bilginin olduğu durumlarda karar verme sürecinin ne şekilde işleyeceğini araştıran Su ve diğ. (2015), Tayvan merkezli bir elektronik üreticisi için sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemini incelemiştir. İlk aşamada, eksik bilginin tamamlanması için gri sistem teorisi kullanılmış ve daha sonra da DEMATEL yöntemiyle tedarikçilerin seçimi gerçekleştirilmiştir.

Sarkis ve Dhavale (2015) sürdürülebilirlik kavramını ele alırken, konuyu çevresel gereklilikler, sosyal sorumluluk, işletme operasyonları şeklinde bileşenlerine ayırmışlar ve tedarikçilerin değerlendirilmesi işlemini Gibbs örnekleme, Bayes yaklaşımı ve Monte Carlo simülasyonundan oluşan bütünleşik bir yöntem kullanarak gerçekleştirmişlerdir.

Sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemine çözüm arayışında, üçlü performans kriterlerinden yararlanılması literatürde oldukça sık karşılaşılan bir yaklaşımdır. Avcı Öztürk ve Özçelik (2014) yapmış oldukları çalışmada üçlü performansa dayanan

bir tedarikçi seçimi yaklaşımı önermişlerdir. Sürdürülebilirliğin ekonomik boyutu için maliyet, kalite, tedarik süresi, teknoloji seviyesi kriterlerini, çevresel boyutu için atık kontrolü, kaynak kullanımı, çevreye duyarlı ürün tasarımı, çevreye duyarlı yönetim sistemi kriterlerini, sosyal boyutu için ise sağlık güvenlik derecesi, sosyal sorumluluk, eğitim yapısı, çalışma ortamı kriterlerini kullanmışlardır. Daha sonraki aşamada da bulanık TOPSIS yönteminden yararlanarak tedarikçilerin sıralanmasını ve en uygun olanının seçimini gerçekleştirmişlerdir.

Chaharsooghi ve Ashrafi (2014) yapmış oldukları çalışmada sürdürülebilirlik kavramına risk yönetimi, şeffaflık ve kültür kriterlerini de dâhil etmişler ve sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemine çözüm yöntemi olarak geliştirdikleri Neo-TOPSIS yöntemini uygulamışlardır. Önerdikleri yöntemin TOPSIS metodundan farkı, seçim sürecinde kullanılan ideal çözümlerin, değerlendirmeye dahil edilen alternatiflerin en büyük ve en küçük değerlerinden oluşmayıp, sürdürülebilirlik için gerekli olan değerlerden meydana gelmesidir.

Ghadimi ve Heavey (2014) sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemini medikal cihazlar üreten bir firma için gerçekleştirmişlerdir. Sürdürülebilirliğin üç boyutunu daha alt gruplara ayırarak detaylı olarak incelemişlerdir. Uygulama kısmında ise uzmanlardan edinilen dilsel değerlendirmeleri bulanık üyelik fonksiyonları şekline dönüştürmüşler, daha sonra da tedarikçilere ait kriter puanlarını MATLAB programında bulanık çıkarım sistemine vermiş ve alternatiflerin derecelerini bu şekilde belirlemişlerdir.

Mani ve diğ. (2014) sürdürülebilir tedarikçi seçiminde, özellikle gelişmekte olan ülkeler için, sosyal kriterlerin önemi üzerinde durmuşlardır. Çalışmada, birçok sosyal kriterin bulunduğu havuzdan, en önemli olduğu düşünülen kriterler Delphi tekniğiyle araştırılmış, AHP yöntemi kullanılarak, üç farklı firma için tedarikçi değerlendirmesi yapılmıştır.

Amindoust ve diğ. (2012) literatürde kullanılan sürdürülebilirlik kriterlerini ve alt kriterleri incelemişlerdir. Daha sonra uzmanlardan alınan görüşler sonucunda bulanık üyelik fonksiyonları oluşturmuş, elde edilen bulguları kriter değerleri ile birlikte girdi olarak bulanık çıkarım sistemine vermişler ve tedarikçilerin sıralanması gerçekleştirmişlerdir.

Azadnia ve diğ. (2012) İran'daki bir otomobil firmasında gerçekleştirdikleri sürdürülebilir tedarikçi seçimi uygulamasında, öncelikle kriter ağırlıklarını uzman görüşlerini alarak bulanık AHP yöntemi ile belirlemişler, daha sonra tedarikçileri öz düzenleyici haritalar yardımıyla yapay sinir ağları ile sürdürülebilirlik değerlerine göre kümelemişler, en sonda da TOPSIS yöntemiyle en uygun küme ve ilgili kümenin en uygun tedarikçisini seçmişlerdir.

Shaw ve diğ. (2012) tedarikçi seçimi problemine, tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firma için karbon emisyonu değerleri başta olmak üzere kalite, maliyet, talep, hatalı mal yüzdesi ve geç teslimat yüzdesi kriterlerini dikkate alarak çözüm aramıştır. Önerilen yöntemde, kriterlerin ağırlık değerleri bulanık AHP yöntemi ile hesaplanmış daha sonra elde edilen değerler bulanık çok amaçlı doğrusal programlama ile çözdürülüp optimum sipariş miktarları belirlenmiştir.

Büyüközkan ve Çifçi (2011), üç adet karar vericinin bulunduğu çevrede bulanık analitik ağ sürecinden türetilmiş, bütünlük bir çok kriterli karar verme yöntemi geliştirmişlerdir.

Bai ve Sarkis (2010) sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemine gri sistem teorisi ve kaba küme teorisini kullanarak çözüm aramışlardır. Çok aşamalı şekilde gerçekleştirilen seçim sürecinde, kaba kümeler; oldukça fazla olan tedarikçi sayısını azaltmak için, gri sistem teorisi ise; karar vericilerin seçime olan katkılarının belirlenmesinde, geçmiş verilerin çözüme katılmasında ve karar alınmasında kullanılmıştır.

Önceki kısımda açıklanan çalışmaların yanında, sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemini konu alan çözüm yöntemine göre gruplandırılmayan veya analitik bir çözüm yöntemi önermeyen daha sözel çalışmalar da literatürde bulunmaktadır. Bu çalışmalar ilerleyen kısımda açıklanmıştır.

Giannakis ve Papadopoulos (2016) sürdürülebilirlik ile ilgili olarak tedarik zincirindeki olası riskleri detaylı olarak incelemiştir. Çalışma, risklerin içerik analizi ve literatür yardımıyla tanımlanması ile başlamaktadır. Daha sonra hata türleri ve etkileri analizi ve anket çalışmasıyla hataların meydana gelme olasılığı, ciddiyeti ve izlenebilirliği araştırılmış, riskler Pareto analizi yardımıyla önem derecesine göre

sınıflandırılmış, öne çıkan hatalar arasındaki korelasyon araştırılmış, neden-sonuç diyagramları çıkarılmış ve olası hataları meydana çıkaran olayları engellemek için uygulanması gereken yöntemler belirlenmeye çalışılmıştır.

Altuntaş Vural (2015) sürdürülebilir tedarik zincirine farklı bir açıdan bakmış ve müşterilerin taleplerinden tetiklenecek, müşteri merkezli sürdürülebilir talep yönetimi çerçevesi ortaya koymuştur.

Frostenson ve Prenkert (2015) İsveç menşeli perakende şirketinde uyguladığı çalışmada, üretim veya tedarikçi seçimi gibi sayısal hesaplamaların olduğu konular yerine, sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ve tedarik zincirinde ağ tasarımı üzerine yoğunlaşmışlardır ve olması düşünülen genel bir çerçeve sunmuşlardır.

Molamohamadi ve diğ. (2013) sürdürülebilirlik kavramını daha geniş şekilde masaya yatırarak tüm tedarik zincirini sistem yaklaşımıyla incelemiş ve sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemini oluşturan bileşenlerin neler olabileceğini açıklamıştır.

Foerstl ve diğ. (2010) işletmelerin, tedarikçilerinin sürdürülebilirlik taleplerine, etkin kaynak kullanımı ve pazar kaybına uğramadan ne şekilde cevap verebileceğini incelemiştir. Satın alma ve tedarik yönetimi fonksiyonlarının risk değerlemedeki etkisi, işletmelerin meydana gelen değişimlere sürdürülebilirlik açısından ne şekilde tepki gösterebileceği, beş firmayla yapılan çalışmalar sonucunda araştırılmıştır.

3.2 Bölüm Özeti

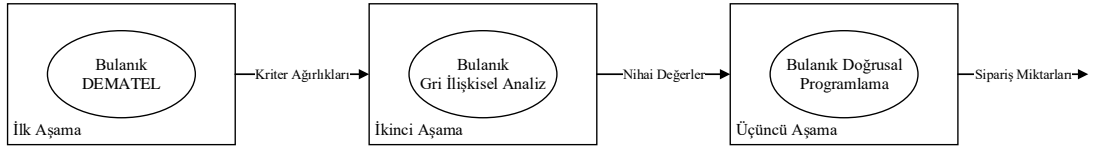
Sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemi konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde, konunun yıllar içinde artan bir trende sahip olduğu, son yıllarda yapılan çalışma sayısının geçmiş yıllara göre belirgin bir şekilde artış gösterdiği gözlemlenmiştir. İncelenen çalışmaların büyük çoğunluğunda tedarikçi seçimi sürecinde, öncelikle bulanık sistem teorisinden ve gri sistem teorisinden yardım alınmış, bu şekilde belirsizliğin probleme daha iyi şekilde yansıtılabilmesi amaçlanmıştır. En çok çalışılan yöntemler olarak ise; TOPSIS yöntemi öne çıkmakla beraber, AHP ve veri zarflama analizi yöntemlerinin problem çözümünde çokça kullanıldığı gözlenmiştir. Probleme çözüm arama sürecinde, son zamanlardaki

çalışmalarda bir tek yöntemden yararlanmak yerine, genellikle iki ya da üç yöntemin melezlenerek birlikte kullanıldığı yöntemlerin artığı gözlenmiştir.

Literatürde var olan çalışmalardan hareketle gözlenen diğer bir eksiklik ise, problemin sadece uygun tedarikçi ve/veya tedarikçilerin seçimi şeklinde algılanmış olmasıdır. Bu sebeple, çoğu problemde belirlenen kriterler altında uygun tedarikçi/tedarikçiler seçilmiştir. Hâlbuki tedarikçi seçimi problemi iki aşamada incelenebilir. İlk aşamada uygun tedarikçiler belirlenirken ikinci aşamada bu tedarikçilerden verilecek siparişler saptanabilir. Böylece, işletmeler hangi uygun tedarikçiden ne miktarda sipariş verecekleri problemini de peşi sıra çözmüş olurlar. Bu tez çalışmasında da hedeflenen literatürde var olan bu boşluğu doldurmak adına bütünleşik bir model ile uygun tedarikçiler ve sipariş miktarlarını belirlemektir. Bu gözlemlerden hareketle, bu çalışma kapsamında sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemi için bütünleşik bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşımda kullanılan yöntemler dördüncü bölümde detaylı şekilde anlatılmaktadır.

4. YÖNTEM

Sürdürülebilir tedarikçi seçimi için çalışma kapsamında önerilen yöntem, üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama, kriter ağırlıklarının belirlendiği aşamadır. Bu aşamada, bulanık DEMATEL yöntemi kullanılmış olup dilsel değişkenlerden yararlanılmıştır. İkinci aşama uygun tedarikçilerin belirlendiği ve sıralamanın gerçekleştiği aşamadır. İlk aşamada elde edilen kriter ağırlıkları ikinci aşamada girdi olarak kullanılmış ve bulanık gri ilişkisel analiz yöntemi ile tedarikçilerin sürdürülebilirlik kriterlerine göre nihai değerleri elde edilmiştir. En son aşamada ise ilk iki adımda belirlenen tedarikçi ağırlık değerleri kullanılarak her bir tedarikçiden verilmesi gereken sipariş miktarları belirlenmiştir. Uygun sipariş miktarları saptanırken değişkenlikleri göz önünde bulundurabilmek adına, oluşturulan model bulanık doğrusal programlama ile çözülmüştür. Önerilen yöntem Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Önerilen bütünlük yöntemi

Çalışmanın bu bölümünde, uygulama bölümünde kullanılan yöntemler olan bulanık DEMATEL, bulanık gri ilişkisel analiz ve bulanık doğrusal programlama yöntemleri açıklanmaktadır.

4.1 DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)

DEMATEL yöntemi, Gabus ve Fontela tarafından 1972-1976 yılları arasında Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü Bilim ve İnsan İlişkileri bölümünde geliştirilmiş ve bir probleme uygulaması gerçekleştirilmiştir (Gabus ve Fontela 1972,1973). Bu yöntem karmaşık faktörler arasındaki gelişigüzel ilişkileri, sebep ve sonuç modelinin gözlemlenebildiği yapısal bir model haline getirerek sistemin daha kolay incelenebilmesini, dolayısıyla karar verme sürecinin daha güvenilir olmasını sağlamaktadır. Graf teorisinden türetilmiş olan yöntem, kriterler ve alt kriterler

arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasına ve daha net anlaşılmasına imkân vermektedir. (Falatoonitoosi ve diğ. 2013, Eroğlu 2014). Karar verme problemindeki karar elemanları arasındaki ilişkileri ve karar verme sürecindeki belirsizlikleri daha iyi modelleyebilmek adına çalışmanın bu kısmında bulanık DEMATEL yöntemi tercih edilmiştir. İzleyen kısımda bulanık DEMATEL yönteminin adımları açıklanmıştır.

Yöntemin Adımları

Adım 1. Doğrudan İlişki Matrisinin Oluşturulması

İlgili yöntemin ilk aşamasında, kriterler matris formunda satır ve sütunlara yazılır, matrisi oluşturan değerler ikili karşılaştırmalar yapılarak hesaplanır. Literatürde kriterler arasındaki ilişkinin derecesini göstermek için kullanılan çeşitli ölçekler bulunmaktadır (Li 1999, Chen 2000, Tsai ve Chou 2009, Shieh ve diğ. 2010).

Bu ölçeklerden, çalışılan probleme en uygun olanı seçilerek puanlama gerçekleştirilir ve belirlenen değerler Eşitlik (4.1)'deki doğrudan ilişki matrisini oluşturur (Organ 2013).

$$A = \begin{pmatrix} 0 & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & 0 & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & 0 \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

Oluşturulan doğrudan ilişki matrisi, bulanık sayılar kullanılarak, Eşitlik (4.2)'deki gibi bulanık hale getirilir.

$$\tilde{A} = \begin{pmatrix} 0 & (l, m, u)_{12} & \cdots & (l, m, u)_{1n} \\ (l, m, u)_{21} & 0 & \cdots & (l, m, u)_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (l, m, u)_{n1} & (l, m, u)_{n2} & \cdots & 0 \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

Adım 2. Normalize Edilmiş Doğrudan İlişki Matrisinin Oluşturulması

Karar problemlerinde karşılaştırmaya, sıralamaya veya seçime konu olan kriterler farklı ölçek ve ölçü birimlerini içerebilmektedir. Bu tip verilerin aynı birime dönüştürülmesi ve ölçeklerinin eşitlenmesi, sağlıklı bir karşılaştırma yapılması ve

verilecek kararın güvenilirliğini doğrudan etkilediği için kaçınılmazdır. Bu şekilde serilerin geniş aralıklarda ve farklı birimlerde aldığı değerlerin, daha küçük ve sabit bir birimden oluşan aralığa dönüştürülmesi normalizasyon işlemi olarak ifade edilmektedir (Yıldırım ve Önder 2015).

Bu işlem (4.3) eşitliği yardımıyla yapılır (Eroğlu 2014).

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{X}{r} = \left(\frac{l_{ij}}{r_1}, \frac{m_{ij}}{r_2}, \frac{u_{ij}}{r_3} \right) \quad (4.3)$$

$$r_1 = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n l_{ij} \right), \quad r_2 = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n m_{ij} \right), \quad r_3 = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n u_{ij} \right)$$

Bir üçgensel bulanık sayı (l, m, u) şeklinde üç parametre ile ifade edilir. Bunlardan l_{ij} bulanık sayının en küçük, m_{ij} orta ve u_{ij} en büyük değerini temsil etmektedir.

Adım 3. Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması

Normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisi oluşturulduktan sonra (4.4) eşitliği kullanılarak toplam ilişki matrisi oluşturulur (Ertuğrul ve Özçil 2016).

$$\tilde{T} = \tilde{X} + \tilde{X}^2 + \tilde{X}^3 + \dots = \sum_{i=1}^{\infty} \tilde{X}^i = \tilde{X} (I - \tilde{X})^{-1} \quad (4.4)$$

Toplam ilişki matrisi oluşturulurken, işlem kolaylığı sağlaması açısından normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisindeki üçgensel bulanık sayılar bileşenlerine ayrılır. Bunun sonucunda aşağıdaki gibi üç tane matris elde edilir ve daha sonra gerekli işlemler yapılır (Eroğlu 2014).

$$X_l = \begin{bmatrix} 0 & l_{12} & \dots & l_{1n} \\ l_{21} & 0 & \dots & l_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{n1} & l_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad X_m = \begin{bmatrix} 0 & m_{12} & \dots & m_{1n} \\ m_{21} & 0 & \dots & m_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad X_u = \begin{bmatrix} 0 & u_{12} & \dots & u_{1n} \\ u_{21} & 0 & \dots & u_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_{n1} & u_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Adım 4. Durulaştırma İşleminin Gerçekleştirilmesi

Durulaştırma işleminin gerçekleştirilmesi aşamasında çeşitli yöntemler uygulanabilmektedir. Çalışmada, durulaştırma işlemi 2003 yılında Opricovic ve Tzeng tarafından literatüre kazandırılan ve çok kriterli karar verme çalışmalarında sıklıkla kullanılan CFCS (Converting Fuzzy Data into Crisp Scores) metodu ile gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemin aşamaları aşağıda gösterilmiştir.

1. Normalizasyon

$$\begin{aligned}xl_{ij} &= (l_{ij} - \min l_{ij}) / \Delta_{\min}^{\max} \\xm_{ij} &= (m_{ij} - \min m_{ij}) / \Delta_{\min}^{\max} \\xu_{ij} &= (u_{ij} - \min u_{ij}) / \Delta_{\min}^{\max} \\ \Delta_{\min}^{\max} &= \max u_{ij} - \min l_{ij}\end{aligned}\tag{4.5}$$

2. Sol (ls) ve sağ (rs) normalize değerlerin hesaplanması

$$\begin{aligned}xls_{ij} &= xm_{ij} / (1 + xm_{ij} - xl_{ij}) \\xrs_{ij} &= xu_{ij} / (1 + xu_{ij} - xm_{ij})\end{aligned}\tag{4.6}$$

3. Toplam normalize değerlerin bulunması

$$x_{ij} = [xls_{ij}(1 - xls_{ij}) + xrs_{ij} * xrs_{ij}] / [1 - xls_{ij} + xrs_{ij}]\tag{4.7}$$

4. Nihai duru değerlerin bulunması

$$z_{ij} = \min l_{ij} + x_{ij} \Delta_{\min}^{\max}\tag{4.8}$$

Adım 5. Etkileyen ve Etkilenen (gönderici ve alıcı) Grupların Belirlenmesi

Etkileyen ve etkilenen kriterlerin belirlenebilmesi için öncelikle bir takım değerlerin hesaplanması gerekir. Bu değerler, durulaştırma işlemi sonucunda elde edilen z_{ij} değerlerinden oluşan z tablosunun i . satır toplamı olan D_i , ve i . sütun toplamı olan R_i toplamlarından oluşmaktadır. Burada D_i i .kriter tarafından diğer kriterlere gönderilen direkt ve dolaylı etkilerin toplamını göstermektedir. R_i ise i .kritere gelen dolaylı ve direkt etkilerin toplamını göstermektedir. $(D_i + R_i)$ toplamı gönderilen ve

alınan etki toplamını, $(D_i - R_i)$ değeri ise i .kriterin sisteme yaptığı net etkiyi belirtmektedir. Bir diğer deyişle, $D_i + R_i$ değeri kriterlerin önem değerleri hakkında fikir elde etmeye yardımcı olurken, $D_i - R_i$ değeri kriterleri etkileyici ve etkilenen olarak ikiye ayırır. İlgili değeri pozitif olan kriterler, etkileyen grubu oluştururken, ilgili değeri negatif olan kriterler etkilenen grubu oluşturmaktadır (Tzeng ve Huang 2011, Çınar 2013, Eroğlu 2014).

Adım 6. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Kriterlerin nihai ağırlık değerleri (4.9) eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır (Altan ve Kardeş Aydın 2015, Ertuğrul ve Özçil 2016).

$$w_i = \sqrt{[(D_i + R_i)]^2 + [(D_i - R_i)]^2}$$

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.9)$$

4.2 Gri İlişkisel Analiz (GİA)

Gri ilişkisel analiz yöntemin çok kriterli karar verme metodu olarak ortaya çıkışı, 1982 yılında Prof. Ju Long Deng tarafından ortaya atılan gri sistem kavramının açıklanmasından sonra gerçekleşmiştir (Liu ve diğ. 2012). Gri ilişkisel analiz yöntemin çıkış noktası olan gri sistem kavramı, adını herhangi bir konu hakkındaki bilgi düzeyinin, siyah-beyaz bir renk ölçeği üzerinden ifade edilmesinden almaktadır. Bu teoriye göre, bilgi düzeyinin yüksek olduğu belirsizlik içermeyen bir sistem beyaz renk ile gösterilirken, mutlak belirsizlik içeren dolayısıyla herhangi bilginin sahip olunmadığı sistem siyah renk ile sembolize edilmektedir. İki rengin arasında kalan ve gerçek problemlere en uygun davranışı temsil eden, kısmi bilgiye sahip olunan sistemler ise gri renk ile açıklanmıştır (Yıldırım ve Önder 2015).

İlgili teoride varsayılan çeşitli renklerin temsil ettiği sistem özellikleri ve bu özelliklerin karşılaştırması Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1: Siyah, gri ve beyaz sistemlerin karşılaştırması (Liu ve Lin 2006, Yıldırım ve Önder 2015)

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

Gri ilişkisel analiz, gri sistem teorisinden türetilmiş bir derecelendirme, sınıflandırma ve karar verme yöntemidir (Wen 2004). Sistemdeki faktörler arasındaki ilişkiler karmaşık olduğunda veya sistem hakkında elde edilen bilginin yetersiz olduğu durumlarda, faktörler arasındaki benzerlik ya da farklılıkların matematiksel olarak ifade edilmesini sağlamaktadır (Feng ve Wang 2000, Kuo ve Liang 2011). Yöntemin uygulamasının kolaylığı, nicel ve nitel faktörlerin etkin bir şekilde çözümde yer alabilmesi, küçük veri setlerinin analiz için yeterli olması ve hesaplama için özel bir paket program gerektirmemesi avantajları olarak gösterilebilir. Bu nedenle karar verme sürecinde, gerek tek başına gerekse diğer yöntemlerle birleştirilerek sıklıkla kullanılmaktadır (Köse ve diğ 2013, Yıldırım ve Önder 2015). İzleyen kısımda bulanık gri ilişkisel analiz yönteminin adımları açıklanmıştır.

Yöntemin Adımları

Gri ilişkisel analiz yöntemi alternatiflerin sıralanması ve sıralanan alternatifler arasında kıyaslama ve seçim yapılabilmesi için altı işlem adımından oluşan bir yol izlemektedir.

Adım 1. Veri Setinin Hazırlanması ve Karar Matrisinin Oluşturulması

Öncelikle çok kriterli karar verme problemine ait m adet faktör serisi belirlenir.

$$x_i = (x_i(j), \dots, x_i(n)) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4.10)$$

Daha sonra karar verme problemine konu olan m tane alternatifin, n tane kriter için aldığı değerler matris haline getirilip, Eşitlik (4.11)'deki karar matrisi oluşturulur (Yıldırım ve Önder 2015).

$$\tilde{X} = \begin{pmatrix} (l,m,u)_1(1) & (l,m,u)_1(2) & \cdots & (l,m,u)_1(n) \\ (l,m,u)_2(1) & (l,m,u)_2(2) & \cdots & (l,m,u)_2(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (l,m,u)_m(1) & (l,m,u)_m(2) & \cdots & (l,m,u)_m(n) \end{pmatrix} \quad (4.11)$$

Adım 2. Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Normalizasyon işlemi bulanık gri ilişkisel analiz yönteminde (4.12) ve (4.13) eşitlikleri yardımıyla gerçekleştirilmektedir (Taşkın Gümüş ve diğ. 2013, Banaeian ve diğ. Baskıda).

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+} \right), \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n \quad (4.12)$$

$$r_j^+ = \max_i r_{ij}, \quad \text{eğer } J \in F$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}} \right), \quad i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n \quad (4.13)$$

$$l_j^- = \min_i l_{ij}, \quad \text{eğer } J \in M$$

Normalizasyon işleminde farklı denklemlerin kullanılmasında, serinin özelliği belirleyici olmaktadır. Burada (4.12) eşitliği, kriterin amaç fonksiyonu değerinin fayda (F) yani maksimizasyon olduğu durumlarda kullanılırken, (4.13) eşitliği, kriterin amaç fonksiyonu değerinin maliyet (M) yani minimizasyon olduğu durumlarda kullanılmaktadır (Taşkın Gümüş ve diğ. 2013, Yıldırım ve Önder 2015).

(4.12) ve (4.13) eşitliklerinin yardımıyla hesaplanan değerlerin oluşturduğu matris, normalize karar matrisi adını alır ve (4.14) eşitliğindeki gibi ifade edilir.

$$\tilde{X}^* = \begin{pmatrix} (l,m,u)_1^*(1) & (l,m,u)_1^*(2) & \cdots & (l,m,u)_1^*(n) \\ (l,m,u)_2^*(1) & (l,m,u)_2^*(2) & \cdots & (l,m,u)_2^*(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (l,m,u)_m^*(1) & (l,m,u)_m^*(2) & \cdots & (l,m,u)_m^*(n) \end{pmatrix} \quad (4.14)$$

Adım 3.Referans Serisinin Belirlenmesi

Bu aşamada normalize karar matrisi içinde istenilen durumu ifade eden veya istenilen duruma en yakın değerleri içeren alternatifler kriter bazında teker teker belirlenir. Referans serisinin saptanması (4.15) ve (4.16) eşitlikleri yardımıyla gerçekleştirilir (Kuo ve Liang 2011). Eğer amaç fonksiyonu en büyükleme ise (4.15) eşitliği, amaç fonksiyonu en küçükleme ise (4.16) eşitliği referans serisinin oluşturulmasında kullanılır.

$$\tilde{R}_0 = [\tilde{r}_{01}, \tilde{r}_{02}, \dots, \tilde{r}_{0n} = \max(\tilde{r}_{ij})] \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{eğer } J \in F \quad (4.15)$$

$$\tilde{R}_0 = [\tilde{r}_{01}, \tilde{r}_{02}, \dots, \tilde{r}_{0n} = \min(\tilde{r}_{ij})] \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{eğer } J \in M \quad (4.16)$$

Adım 4.Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Uzaklık matrisini oluşturan her bir değer (4.17) eşitliği yardımıyla hesaplanır ve daha sonra Eşitlik (4.18)'deki uzaklık matrisindeki yerlerine yerleştirilir (Krohling ve Campanharo 2011, Zhang ve Liu 2011, Banaeian ve diğ. Baskıda). Uzaklık matrisi, normalize karar matrisindeki değerlerin, referans serisinden olan uzaklıklarını gösteren matristir.

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2]} \quad (4.17)$$

$$\Delta_{0i} = \begin{pmatrix} \Delta_{01}(1) & \Delta_{01}(2) & \dots & \Delta_{01}(n) \\ \Delta_{02}(1) & \Delta_{02}(2) & \dots & \Delta_{02}(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta_{0m}(1) & \Delta_{0m}(2) & \dots & \Delta_{0m}(n) \end{pmatrix} \quad (4.18)$$

Adım 5.Gri İlişkisel Katsayı Matrisinin Oluşturulması

Gri ilişkisel katsayıları ortaya koyan aynı adlı matrisin, elemanlarının her bir değeri (4.19) eşitliği yardımıyla hesaplanmaktadır (Yıldırım ve Önder 2015). Hesaplanan değerler (4.20) eşitliğindeki gri ilişkisel katsayı matrisini oluşturmaktadır.

$$\gamma_{0i}(j) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(j) + \zeta \Delta_{\max}} \quad (4.19)$$

$$\Delta_{\max} = \max_i \max_j \Delta_{0i}(j)$$

$$\Delta_{\min} = \min_i \min_j \Delta_{0i}(j)$$

$$\gamma_{0i} = \begin{pmatrix} \gamma_{01}(1) & \gamma_{01}(2) & \cdots & \gamma_{01}(n) \\ \gamma_{02}(1) & \gamma_{02}(2) & \cdots & \gamma_{02}(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{0m}(1) & \gamma_{0m}(2) & \cdots & \gamma_{0m}(n) \end{pmatrix} \quad (4.20)$$

(4.19) ve (4.20) eşitliklerinde de kullanılan ζ parametresi, ayırıcı katsayı olarak isimlendirilip $[0,1]$ arasında değerler alabilmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar dikkate alındığında, bu katsayının büyük oranda 0,5 değerini aldığı gözlemlenmiştir (Kuo ve Liang 2011, Taşkın Gümüş ve diğ. 2013, Banaeian ve diğ. Baskıda). Bu katsayının değiştirilmesi durumunda, alternatiflerin sıralamalarının değişmeyeceği, fakat arttırılması halinde alternatiflerin arzu edilen değere yaklaşacağı, azaltılması halinde ise alternatifler arası zıtlığın azalacağı söylenebilir (Yıldırım ve Önder 2015).

Adım 6.Gri İlişkisel Derecelerin Hesaplanması

İlgili yöntemin son aşamasında alternatiflerin referans serisinden farklılık miktarlarını veren değerler belirlenir. Bu değerler her bir kriterin ağırlık değerleri ile çarpılarak elde edilmektedir. Elde edilen değerler alternatiflerin sıralanması, derecelendirilmesi ve karar sürecini doğrudan etkileyen nihai değerlerdir ve (4.21) eşitliği yardımıyla belirlenir (Yıldırım ve Önder 2015). Eşitlik (4.21)'deki $w_i(j)$, j .kriterin ağırlığını γ_{0i} ise kriterin gri ilişkisel katsayısını temsil etmektedir.

$$\Gamma_{0i} = \sum_{j=1}^n [w_i(j) \gamma_{0i}(j)] \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4.21)$$

4.3 Bulanık Doğrusal Programlama

Klasik matematiksel karar modelleri, kısıtların, karar verme ile ilgili verilerin ve amaç fonksiyonunun kesin olarak belirtildiği modellerdir. Bu modeller, amaç fonksiyonu değerini maksimum veya minimum yapan değişken miktarlarının kısıtlayıcılar dikkate alınarak belirlenmesini içermektedir. Bulanık karar probleminde ise bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcı değerleri üyelik fonksiyonları ile belirlenmektedir (Jairaj ve Vedula 2000, Başkaya 2011). Klasik karar verme süreci için kurulan matematiksel modeller de bulanık karar verme süreci için kurulan matematiksel modeller de alternatifler kümesi, amaç fonksiyonu, kısıtlar ve parametrelerden oluşmaktadır. Aralarındaki farklılık ise bu bileşenlerin bulanıklık, belirsizlik durumu ve bu durumdan meydana gelen çözüm yolundaki farklılıklardır. Bulanık ortamda karar verilirken amaç, kısıtlayıcılar ve parametrelerin değerleri net olarak belirlenememiştir. Bu durumda üyelik ve üye olmama arasında net bir ayrım yapılamaz ve kesin olarak kümeler arasına çizgi çekilemez (Bellman ve Zadeh 1970, Başkaya 2011).

Klasik doğrusal programlama yöntemi amaç fonksiyonu, kısıtlayıcılar ve negatif olmama durumundan oluşmaktadır (Başkaya 2011). Bu model matris biçiminde aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Amaç Fonksiyonu:

$$Z = [c_1, c_2, \dots, c_n]_{1 \times n} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}_{n \times 1} \rightarrow \text{Maksimum veya Minimum} \quad (4.22)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}_{m \times n} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}_{n \times 1} (\leq, =, \geq) \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}_{m \times 1} \quad (4.23)$$

Negatif olmama şartı:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}_{nx1} \geq 0 \quad (4.24)$$

Eşitlik (4.22), (4.23) ve (4.24)'te açık bir şekilde matris biçiminde gösterilen notasyonlar en basit şekilde Eşitlik (4.25)'teki gibi ifade edilebilir.

$$\begin{aligned} Z = c^T x &\rightarrow \text{Maksimum veya Minimum} \\ (Ax)_i &(\leq, =, \geq) b_i \\ x_i &\geq 0 \end{aligned} \quad (4.25)$$

Eşitlik (4.25)'te de görüldüğü gibi klasik doğrusal programlama problemlerinde çeşitli kısıtlar altında amaç fonksiyonun maksimum veya minimum değeri elde edilmeye çalışılır. Fakat bazı durumlarda amaç fonksiyonunun ve kısıtlayıcıların değerleri net olarak belirlenemeyebilir, bu nedenle bu değerlerde esneklik sağlanması ve tolerans verilmesi gerekebilir. Bu gibi durumlarda bulanık doğrusal programlamanın kullanılması gerekmektedir.

Bulanık doğrusal programlama modelleri, bulanıklığı barındıran elemanlarına göre gruplara ayrılabilir. Tablo 4.2'de bulanıklığın türleri gösterilmektedir (Ribeiro ve Pires 1999).

Tablo 4.2: Bulanık doğrusal programlamada bulanıklığın türleri (Ribeiro ve Pires 1999)

Durumlar	Tanım
1.Durum	Kısıtlayıcıların sınırlarında bulanıklık olması durumu
2.Durum	Amaç fonksiyonunda bulanıklık olması durumu
3.Durum	Hem kısıtlayıcıların sınırlarında hem de amaç fonksiyonunda bulanıklık olması durumu
4.Durum	Kısıtlarda bulunan değişkenlerin parametre değerleri yani teknoloji katsayılarında bulanıklık olması durumu
5.Durum	Amaç fonksiyonunda bulunan değişkenlerin katsayılarında bulanıklık olması durumu
6.Durum	Hem amaç fonksiyonu katsayılarında, hem teknoloji katsayılarında hem de sağ taraf sabitlerinde bulanıklığın olması durumu

Diğer taraftan bulanık doğrusal programlama modelleri simetrik olma veya olmama durumuna göre ikiye ayrılabilir. Bu durumda amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcıların ikisinin birden bulanık olması durumunda simetrik model söz konusudur. Amaç fonksiyonu veya kısıtlayıcılardan birinin bulanık olduğu durumda ise simetrik olmayan model söz konusudur (Zimmermann 2001).

Bulanık doğrusal programa modelleri için geliştirilen çözüm yöntemleri de bulanıklık kavramının değerlendirilme şekline göre birçok farklı gruba ayrılmıştır. Genellikle bulanık doğrusal programlama yöntemleri, yöntemi geliştiren araştırmacının ismiyle anılmaktadır. Simetrik olma veya olmama durumuna, kısıtlayıcıların, amaç fonksiyonunun, teknoloji katsayılarının veya parametrelerin bulanıklık durumlarına göre çeşitli çözüm yöntemleri bulunmaktadır.

Çalışmada ele alınan problem, talepler, kapasiteler ve hata oranlarında belirsizlik arz ettiği için probleme en uygun çözüm yaklaşımı Verdegay'ın önermiş olduğu yöntemdir.

Verdegay Yaklaşımı

Jose Luis Verdegay tarafından ortaya atılan yöntem, amaç fonksiyonu değerlerinin bulanık olmadığı, yalnızca kısıtlayıcıların sağ taraf değerlerinin bulanıklık arz ettiği durumlarda kullanılabilen simetrik olmayan bir yaklaşımdır. Simetrik yaklaşımlarda çözüme ulaştıran, amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcıları tanımlayan bulanık kümelerin kesişim kümesinin belirlenmesi işlemi simetrik olmayan yaklaşımlarda yerini parametrik programlamaya dönüştürülerek elde edilen çözüme bırakmaktadır (Bector ve Chandra 2005, Başkaya 2011).

Verdegay yaklaşımına göre ilk olarak bulanık kısıtlayıcılar için uygun üyelik fonksiyonları belirlenmelidir. Amaç fonksiyonunda herhangi bir bulanıklık olmadığı için üyelik fonksiyonlarına gerek duyulmamaktadır. Kısıtlayıcıların üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinden sonra, kısıtlayıcılar için λ kesimleri bulunur. $\lambda \in [0,1]$ olmak üzere Eşitlik (4.26)'da verilen küme λ kesim kümesini göstermektedir (Bector ve Chandra 2005, Ertuğrul ve Tuş 2007).

$$X_\lambda = \{x \in R^n : x \geq 0 \text{ ve } \mu_i \geq \lambda, (i=1,2,\dots,m)\} \quad (4.26)$$

Bu durumda bulanık doğrusal programlama modeli Eşitlik (4.27)'deki gibi ifade edilebilmektedir (Başkaya 2011).

$$\begin{aligned} Z = c^T x &\rightarrow \text{Maksimum veya Minimum} \\ x &\in X_\lambda \end{aligned} \quad (4.27)$$

$\mu_i \geq \lambda$ dönüşümü yapılarak kısıtlayıcıların sağ taraf değerlerinin üyelik fonksiyonlarının en az λ değeri kadar doyuma ulaşması sağlanmalıdır (Delgado ve Verdegay 1989, Başkaya 2011). İlgili dönüşüm yapıldıktan sonra elde edilen bulanık doğrusal programlama modeli Eşitlik (4.28)'de gösterilmiştir.

$$\begin{aligned} Z = c^T x &\rightarrow \text{Maksimum veya Minimum} \\ (Ax)_i &(\leq, =, \geq) b_i + (1 - \lambda) p_i, \quad (i=1,2,\dots,m) \\ x &\geq 0 \\ \lambda &\in [0,1] \end{aligned} \quad (4.28)$$

Eşitlik (4.28)'deki bulanık doğrusal programlama modeli $\theta = (1 - \lambda)$ olarak parametrik programlama problemine dönüştürülür (Bector ve Chandra 2005). Bu durumda bulanık doğrusal programlama modeli parametrik programa gibi çözülebilmektedir (Delgado ve Verdegay 1989, Başkaya 2011). Klasik amaç fonksiyonu ve bulanık kısıtlayıcı değerleri içeren model Eşitlik (4.29)'da gösterilmektedir.

$$\begin{aligned} Z = c^T x &\rightarrow \text{Maksimum veya Minimum} \\ (Ax)_i &(\leq, =, \geq) b_i + \theta p_i, \quad (i=1,2,\dots,m) \\ x &\geq 0 \\ \theta &\in [0,1] \end{aligned} \quad (4.29)$$

Modeldeki θ değeri kısıtlayıcıların sağ taraf değerlerinde yapılabilecek ihlalin derecesini göstermektedir. θ 'nın $[0,1]$ aralığında aldığı farklı değerler için amaç fonksiyonu ve değişkenlerin çözüm değerleri değişkenlik gösterecektir. Bu şekilde kısıtlayıcıların sağ taraf değerlerinde oluşabilecek belirsizlikler modele dâhil edilebilmektedir (Bector ve Chandra 2005, Başkaya 2011).

4.4 Bölüm Özeti

Bu bölümde sürdürülebilir tedarikçi seçimi probleminin çözümü için uygulama kısmında kullanılacak olan yöntemler açıklanmıştır. Öncelikle kriter ağırlıklarının belirlenmesi aşamasında yararlanılan DEMATEL yönteminin, daha sonra tedarikçilerin nihai ağırlık değerlerinin belirlendiği gri ilişkisel analiz yönteminin ve son olarak da tedarikçilerden verilmesi gereken sipariş miktarlarının hesaplanmasında kullanılan bulanık doğrusal programlama yönteminin uygulama adımları gösterilmiştir. Önerilen bütünleşik yöntemin tedarikçi seçim problemine uygulaması beşinci bölümde detaylı olarak anlatılmıştır.

5. UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde, sürdürülebilirlik kriterleri dikkate alınarak ve dördüncü bölümde açıklanan yöntemler kullanılarak tedarikçi seçimi problemine çözüm aranmıştır. Çalışma kapsamında ele alınan problem, Kanada’da faaliyet gösteren ve inşaat malzemeleri satan bir internet firmasının tedarikçi seçim problemidir. Bu firma, Denizli’de faaliyet gösteren mermer-traverten tedarikçileriyle çalışmakta ve onlardan alım gerçekleştirmektedir. Son zamanlarda, siparişlerde ortaya çıkan problemler firmayı tedarikçileriyle olan ilişkilerini tekrar gözden geçirmesine ve uzun süre firma istekleriyle uyumlu çalışabilecek tedarikçileri belirlemesine itmiştir. Bu kapsamda, ilk olarak en çok talep edilen üç ürün baz alınarak dört potansiyel tedarikçi belirlenmiştir. Uygulama bölümünün ilk aşaması tedarikçilerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesidir. Bu aşamada, işletmenin devamlılığında ve gelişiminde önemli etkisi bulunan, tedarikçilerin tayini için kullanılacak kriterler aşağıda açıklanmıştır.

Kriterler

Çalışmada sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemi için kriterler Elkington (1997) tarafından önerilen üçlü performans yaklaşımı kullanılarak belirlenmiştir.

Ekonomik Kriterler

Tedarikçilerin ekonomik özellikleriyle ilgili olan kriterlerdir. Bu kısımda kullanılan kriterlerin çoğu Güner Gören ve Kulak (2014) tarafından yapılan çalışmadan elde edilmiştir.

Maliyet (K_1): Her işletme ihtiyaç duyduğu malzemeleri en az maliyetle tedarik etmeyi arzulamaktadır. Tedarikçilerin arz ettikleri mal ve hizmetlerin satış fiyatları yönünden incelenmesini maliyet kriteri sağlamaktadır.

Verimlilik (K_2): Üretim sonunda elde edilen ürün miktarının, üretimde kullanılan hammadde miktarına oranını ifade etmektedir.

Kapasite (K3): Müşterinin gereksinimlerinin karşılanması için tedarikçinin üretimi gerçekleştirebilecek yeterli kapasitesinin olması gerekmektedir. Kapasite kriteri, tedarikçilerin verilen sipariş miktarını karşılayabilme derecelerini göstermektedir.

Devamlılık (K4): Tedarikçilerin etkileşim içinde olduğu işletmelerle yakın ilişkiler kurması gerekmektedir. Devamlılık kriteri işletmeyle tedarikçi arasındaki ilişkinin derecesini göstermektedir.

Tedarik süresi (K5): İşletme tarafından gereksinim duyulan malın siparişinin verilmesiyle, tedarikçiden sevkiyatın yapılması arasındaki süreyi göstermektedir. Bu kriter tedarikçinin istenilen zamanda, gereksinim duyulan malzemeyi, işletmeye temin etme derecesini göstermektedir.

Kalite (K6): Tedarikçiden temin edilen ürünün, müşterinin gereksinimlerini karşılama derecesini ifade etmektedir.

Üretim teknolojisi (K7): Her geçen gün yeni teknolojiler üretim hayatına katılmakta ve sistemler gelişmektedir. İşletmeler gereksinim duydukları malları daha az hata oranı ve daha kısa sürede temin etmek için yeni teknolojilere sahip tedarikçilerle çalışmak istemektedirler.

Cevap verebilirlik (K8): Tedarikçinin, siparişin verilmesinden sonra işletmeyle üretim süreci hakkında kurduğu iletişimi, bilgi aktarımını ve izlenebilirliği ifade etmektedir.

Sosyal Kriterler

Çalışma ortamının uygunluğu, çalışanların hakları ve eğitimleriyle ilgili kriterleri kapsamaktadır. Bu kısımda kullanılan kriterler Azadnia ve diğ. (2015) tarafından yapılan çalışmadan alınmıştır.

İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi (K9): Çalışılan ortamda kazaların meydana gelmemesi için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. İşletmenin, çalışanlarının güvenliklerini sağlamak için daha sağlıklı ve güvenli bir çalışma yeri yaratma çabalarının derecesi bu kriteri oluşturmaktadır.

İşbaşı eğitimi (K10): Beyaz yaka çalışanlar da dâhil olmak üzere, işletmenin bünyesine yeni bir çalışan katıldığında çalışanına vermiş olduğu işbaşı eğitimini ifade etmektedir.

Çevresel Kriterler

Kannan ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmadan yararlanarak belirlenen çevresel kriterler, işletmenin üretim yaparken çevreye verdiği önem açısından değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Çevresel yönetim sistemi (K11): İşletmelerin çevreye duyarlı üretim yaptıklarına dair sahip oldukları ISO 14000 gibi sertifikaları, çevresel politikalarını, çevresel planlama ve kontrol aktivitelerini göstermektedir.

Çevreye duyarlı ürün tasarımı (K12): İşletmede üretilen ürünlerin daha az enerji ve materyal kullanılarak üretilmesini ifade etmektedir.

Kaynak kullanımı (K13): Üretim yapılırken kullanılan kaynakların ne ölçüde efektif kullanıldığını, üretimin ne kadarının yenilenebilir enerji kaynaklarından ve malzemelerden elde edildiğini ifade etmektedir.

5.1 Bulanık DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) Uygulaması

Sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemi için alternatiflerin sıralanması ve karşılaştırılması için kullanılan kriterlerin arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, karar verme sürecine olan etkileri Bulanık DEMATEL yöntemiyle hesaplanmıştır. Bu aşamada tedarikçi değerlendirmede kullanılan kriterlerin nispi önem dereceleri uzman görüşü alınarak dilsel değişkenler yardımıyla araştırılmıştır.

Adım 1.Doğrudan İlişki Matrisinin Oluşturulması

Doğrudan ilişki matrisi oluşturulurken, kriterler arasındaki ilişkiler karar vericiler tarafından dilsel değişkenler yardımıyla daha kolay ifade edilebildiği için beş

dereceli dilsel bir ölçekten yararlanılmıştır. Çalışmada dilsel değişkenlerin bulanık sayılara dönüştürülmesinde Tablo 5.1’deki bulanık dilsel ölçek esas alınmıştır.

Tablo 5.1: Bulanık dilsel ölçek (Li 1999)

Tanım	Değer	Bulanık değer
<i>Etkisi yok (No - N)</i>	0	(0,0, 1/4)
<i>Çok az etkisi var (Very low - VL)</i>	1	(0,1/4,1/2)
<i>Az etkisi var (Low - L)</i>	2	(1/4,1/2,3/4)
<i>Yüksek etkisi var (High - H)</i>	3	(1/2,3/4,1)
<i>Çok yüksek etkisi var (Very high - VH)</i>	4	(3/4,1,1)

Uzman görüşü alınırken Tablo 5.1’de yer alan dilsel değişkenlerden yararlanılmıştır. Bu nedenle uzmana kriterlerin nispi önem derecelerini beş dereceli (*etkisi yok-N, çok az etkisi var-VL, az etkisi var-L, yüksek etkisi var-H, çok yüksek etkisi var-VH*) olarak ifade etmesi istenmiştir. Elde edilen dilsel değişkenler yardımıyla (5.1) eşitliğindeki doğrudan ilişki matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu matris $n \times n$ boyutunda köşegen elemanları sıfır olan kare bir matristir. Matristeki değerler kriterlerin birbirleriyle olan ilişkilerini açıklamaktadır.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 & VL & VL & H & H & VL & H & 0 & L & VL & L & VL \\ H & 0 & 0 & H & H & H & 0 & H & 0 & VL & 0 & VL & H \\ 0 & 0 & 0 & L & VH & 0 & 0 & VH & 0 & 0 & 0 & 0 & H \\ L & L & VL & 0 & H & 0 & 0 & H & VL & L & VL & VL & L \\ 0 & 0 & 0 & H & 0 & VL & 0 & VL & 0 & 0 & VL & L & H \\ H & 0 & 0 & H & VL & 0 & 0 & 0 & 0 & L & L & VL & VL \\ H & H & VH & H & L & VH & 0 & L & L & L & L & VL & VH \\ 0 & 0 & 0 & VH & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ VL & VL & 0 & L & 0 & VL & 0 & 0 & 0 & VL & VL & VL & L \\ VL & VL & 0 & L & 0 & VL & 0 & 0 & VL & 0 & VL & VL & VL \\ VL & 0 & 0 & H & 0 & L & 0 & 0 & H & L & 0 & L & H \\ H & VL & 0 & H & L & VL & 0 & 0 & L & VL & VL & 0 & H \\ H & H & L & L & VL & VL & 0 & 0 & VL & 0 & H & VL & 0 \end{pmatrix} \quad (5.1)$$

Eşitlik (5.1)’deki dilsel değişkenlerden oluşturulan doğrudan ilişki matrisinde, kriterlerin birbirleriyle olan etkileşimleri gösterilmiştir. Örneğin, ilk satırda bulunan kriter olan maliyet kriterinin, 3. sütunda temsil edilen kapasite kriteri üzerindeki etkisi oldukça az iken, 2. satırda bulunan verimlilik kriterinin, 1. sütunda temsil edilen maliyet kriterine olan etkisi yüksektir.

Daha sonra, bu dilsel değişkenlere karşılık gelen ve Tablo 5.1’de gösterilen bulanık değerler kullanılarak doğrudan ilişki matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan bulanık doğrudan ilişki matrisi (5.2) eşitliğinde gösterilmektedir.

Adım 2. Normalize Edilmiş Doğrudan İlişki Matrisinin Oluşturulması

İlk adımda elde edilmiş olan bulanık doğrudan ilişki matrisine, (4.3) eşitliğinde gösterilen normalizasyon işlemi uygulanır. Bunun için ilk olarak tüm satırların ve sütunların toplam değerleri elde edilir. Daha sonra bu toplam değerlerinden en büyük olanları seçilir ve matrisin elemanları teker teker bu değerlere bölünür. İşlemlerin sonucunda (5.3) eşitliğinde gösterilen normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisi oluşturulur. Matrisin tamamı EK A'da gösterilmektedir.

Adım 3. Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması

Toplam ilişki matrisi oluşturulurken, öncelikle (5.3) eşitliğinde gösterilen bulanık normalize doğrudan ilişki matrisi 3 farklı matris oluşturacak şekilde (bulanık sayının en büyük değeri, ortanca değeri ve en küçük değeri - l, m, u) bileşenlerine ayrılır. Elde edilen matrisler (5.4), (5.5) ve (5.6) eşitliklerinde gösterilmiştir.

Daha sonra oluşturulan matrislerin her biri (4.4) eşitliğinde gösterilen işlemlere tabi tutulur ve üç farklı toplam ilişki matrisi elde edilir. Elde edilen toplam ilişki matrisleri (5.7), (5.8) ve (5.9) eşitliklerinde gösterilmiştir.

$$X_i = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0.105263 & 0.105263 & 0 & 0.105263 & 0 & 0.052632 & 0 & 0.052632 & 0 \\ 0.105263 & 0 & 0 & 0.105263 & 0.105263 & 0.105263 & 0 & 0.105263 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.105263 \\ 0 & 0 & 0 & 0.052632 & 0.157895 & 0 & 0 & 0.157895 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.105263 \\ 0.052632 & 0.052632 & 0 & 0 & 0.105263 & 0 & 0 & 0.105263 & 0 & 0.052632 & 0 & 0 & 0.052632 \\ 0 & 0 & 0 & 0.105263 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.052632 & 0.105263 \\ 0.105263 & 0 & 0 & 0.105263 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.052632 & 0.052632 & 0 & 0 \\ 0.105263 & 0.105263 & 0.157895 & 0.105263 & 0.052632 & 0.157895 & 0 & 0.052632 & 0.052632 & 0.052632 & 0.052632 & 0 & 0.157895 \\ 0 & 0 & 0 & 0.157895 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.052632 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.052632 \\ 0 & 0 & 0 & 0.052632 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.105263 & 0 & 0.052632 & 0 & 0 & 0.105263 & 0.052632 & 0 & 0.052632 & 0.105263 \\ 0.105263 & 0 & 0 & 0.105263 & 0.052632 & 0 & 0 & 0 & 0.052632 & 0 & 0 & 0 & 0.105263 \\ 0.105263 & 0.105263 & 0.052632 & 0.052632 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.105263 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (5.4)$$

$$X_m = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.032258 & 0.032258 & 0.096774 & 0.096774 & 0.032258 & 0.096774 & 0 & 0.064516 & 0.032258 & 0.064516 & 0.032258 \\ 0.096774 & 0 & 0 & 0.096774 & 0.096774 & 0.096774 & 0 & 0.096774 & 0 & 0.032258 & 0 & 0.032258 & 0.096774 \\ 0 & 0 & 0 & 0.064516 & 0.129032 & 0 & 0 & 0.129032 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.096774 \\ 0.064516 & 0.064516 & 0.032258 & 0 & 0.096774 & 0 & 0 & 0.096774 & 0.032258 & 0.064516 & 0.032258 & 0.032258 & 0.064516 \\ 0 & 0 & 0 & 0.096774 & 0 & 0.032258 & 0 & 0.032258 & 0 & 0 & 0.032258 & 0.064516 & 0.096774 \\ 0.096774 & 0 & 0 & 0.096774 & 0.032258 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.064516 & 0.064516 & 0.032258 & 0.032258 \\ 0.096774 & 0.096774 & 0.129032 & 0.096774 & 0.064516 & 0.129032 & 0 & 0.064516 & 0.064516 & 0.064516 & 0.064516 & 0.032258 & 0.129032 \\ 0 & 0 & 0 & 0.129032 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.032258 & 0.032258 & 0 & 0.064516 & 0 & 0.032258 & 0 & 0 & 0 & 0.032258 & 0.032258 & 0.032258 & 0.064516 \\ 0.032258 & 0.032258 & 0 & 0.064516 & 0 & 0.032258 & 0 & 0 & 0.032258 & 0 & 0.032258 & 0.032258 & 0.032258 \\ 0.032258 & 0 & 0 & 0.096774 & 0 & 0.064516 & 0 & 0 & 0.096774 & 0.064516 & 0 & 0.064516 & 0.096774 \\ 0.096774 & 0.032258 & 0 & 0.096774 & 0.064516 & 0.032258 & 0 & 0 & 0.064516 & 0.032258 & 0.032258 & 0 & 0.096774 \\ 0.096774 & 0.096774 & 0.064516 & 0.064516 & 0.032258 & 0.032258 & 0 & 0 & 0.032258 & 0 & 0.096774 & 0.032258 & 0 \end{pmatrix} \quad (5.5)$$

$$X_i = \begin{pmatrix} 0 & 0.02381 & 0.047619 & 0.047619 & 0.095238 & 0.095238 & 0.047619 & 0.095238 & 0.02381 & 0.071429 & 0.047619 & 0.071429 & 0.047619 \\ 0.095238 & 0 & 0.02381 & 0.095238 & 0.095238 & 0.095238 & 0.02381 & 0.095238 & 0.02381 & 0.047619 & 0.02381 & 0.047619 & 0.095238 \\ 0.02381 & 0.02381 & 0 & 0.071429 & 0.095238 & 0.02381 & 0.02381 & 0.095238 & 0.02381 & 0.02381 & 0.02381 & 0.02381 & 0.095238 \\ 0.071429 & 0.071429 & 0.047619 & 0 & 0.095238 & 0.02381 & 0.02381 & 0.095238 & 0.047619 & 0.071429 & 0.047619 & 0.047619 & 0.071429 \\ 0.02381 & 0.02381 & 0.02381 & 0.095238 & 0 & 0.047619 & 0.02381 & 0.047619 & 0.02381 & 0.02381 & 0.047619 & 0.071429 & 0.095238 \\ 0.095238 & 0.02381 & 0.02381 & 0.095238 & 0.047619 & 0 & 0.02381 & 0.02381 & 0.02381 & 0.071429 & 0.071429 & 0.047619 & 0.047619 \\ 0.095238 & 0.095238 & 0.095238 & 0.095238 & 0.071429 & 0.095238 & 0 & 0.071429 & 0.071429 & 0.071429 & 0.071429 & 0.047619 & 0.095238 \\ 0.02381 & 0.02381 & 0.02381 & 0.095238 & 0.02381 & 0.02381 & 0.02381 & 0 & 0.02381 & 0.02381 & 0.02381 & 0.02381 & 0.02381 \\ 0.047619 & 0.047619 & 0.02381 & 0.071429 & 0.02381 & 0.047619 & 0.02381 & 0.02381 & 0 & 0.047619 & 0.047619 & 0.047619 & 0.071429 \\ 0.047619 & 0.047619 & 0.02381 & 0.071429 & 0.02381 & 0.047619 & 0.02381 & 0.02381 & 0.047619 & 0 & 0.047619 & 0.047619 & 0.047619 \\ 0.047619 & 0.02381 & 0.02381 & 0.095238 & 0.02381 & 0.071429 & 0.02381 & 0.02381 & 0.095238 & 0.071429 & 0 & 0.071429 & 0.095238 \\ 0.095238 & 0.047619 & 0.02381 & 0.095238 & 0.071429 & 0.047619 & 0.02381 & 0.02381 & 0.071429 & 0.047619 & 0.047619 & 0 & 0.095238 \\ 0.095238 & 0.095238 & 0.071429 & 0.071429 & 0.047619 & 0.047619 & 0.02381 & 0.02381 & 0.047619 & 0.02381 & 0.095238 & 0.047619 & 0 \end{pmatrix} \quad (5.6)$$

$$T_i = \begin{pmatrix} 1.0237 & 0.005325 & 0.001229 & 0.054453 & 0.117428 & 0.108749 & 0 & 0.114244 & 0.004045 & 0.062899 & 0.008182 & 0.06049 & 0.023358 \\ 0.145912 & 1.023396 & 0.007192 & 0.171253 & 0.143106 & 0.124186 & 0 & 0.142247 & 0.003061 & 0.02433 & 0.020919 & 0.016312 & 0.13664 \\ 0.02405 & 0.020167 & 1.007127 & 0.112339 & 0.176094 & 0.00542 & 0 & 0.1755 & 0.002125 & 0.008229 & 0.01454 & 0.011299 & 0.135417 \\ 0.072919 & 0.063518 & 0.0041 & 1.051047 & 0.126222 & 0.014835 & 0 & 0.125646 & 0.001522 & 0.06041 & 0.008981 & 0.010954 & 0.077901 \\ 0.028487 & 0.019886 & 0.006564 & 0.128385 & 1.022591 & 0.005799 & 0 & 0.019643 & 0.004363 & 0.009269 & 0.013434 & 0.056027 & 0.124724 \\ 0.117531 & 0.008554 & 0.000938 & 0.126877 & 0.02733 & 1.016186 & 0 & 0.026776 & 0.006382 & 0.069261 & 0.05536 & 0.010538 & 0.017826 \\ 0.178762 & 0.141035 & 0.170065 & 0.217174 & 0.137124 & 0.196152 & 1 & 0.136007 & 0.062938 & 0.088389 & 0.087297 & 0.02122 & 0.231242 \\ 0.011514 & 0.010029 & 0.000647 & 0.165955 & 0.01993 & 0.002342 & 0 & 1.019839 & 0.00024 & 0.009538 & 0.001418 & 0.00173 & 0.0123 \\ 0.010786 & 0.009393 & 0.003102 & 0.060591 & 0.009064 & 0.002457 & 0 & 0.008992 & 1.000739 & 0.004219 & 0.006334 & 0.001378 & 0.058941 \\ 0.003838 & 0.003343 & 0.000216 & 0.055318 & 0.006643 & 0.000781 & 0 & 0.006613 & 8.01E-05 & 1.003179 & 0.000473 & 0.000577 & 0.0041 \\ 0.03601 & 0.021501 & 0.006952 & 0.144353 & 0.025334 & 0.059582 & 0 & 0.022346 & 0.110044 & 0.066157 & 1.017039 & 0.056757 & 0.132082 \\ 0.131396 & 0.020888 & 0.006842 & 0.13686 & 0.084787 & 0.016797 & 0 & 0.031517 & 0.054804 & 0.01577 & 0.014569 & 1.012145 & 0.130007 \\ 0.132011 & 0.114954 & 0.054841 & 0.100184 & 0.046003 & 0.031857 & 0 & 0.045201 & 0.012523 & 0.019758 & 0.111358 & 0.01523 & 1.041973 \end{pmatrix} \quad (5.7)$$

$$T_m = \begin{pmatrix} 1.049815 & 0.026451 & 0.047788 & 0.114464 & 0.136908 & 0.127267 & 0.033865 & 0.127999 & 0.024748 & 0.094704 & 0.068158 & 0.097487 & 0.09084 \\ 0.151099 & 1.03215 & 0.021139 & 0.179112 & 0.148856 & 0.133073 & 0.004874 & 0.139685 & 0.022317 & 0.069464 & 0.044476 & 0.073634 & 0.152799 \\ 0.028179 & 0.022034 & 1.01329 & 0.119523 & 0.153517 & 0.017377 & 0.000909 & 0.152184 & 0.012529 & 0.014205 & 0.025131 & 0.023566 & 0.130326 \\ 0.107108 & 0.088398 & 0.046486 & 1.079517 & 0.139093 & 0.03863 & 0.003455 & 0.134097 & 0.052373 & 0.090113 & 0.063898 & 0.067516 & 0.12031 \\ 0.041529 & 0.026408 & 0.014682 & 0.142865 & 1.033913 & 0.052459 & 0.00134 & 0.055733 & 0.021084 & 0.023539 & 0.059832 & 0.086159 & 0.132702 \\ 0.132544 & 0.023293 & 0.014582 & 0.14676 & 0.071398 & 1.032235 & 0.004276 & 0.033744 & 0.023578 & 0.094387 & 0.091595 & 0.064304 & 0.077821 \\ 0.188714 & 0.145488 & 0.158535 & 0.23239 & 0.160245 & 0.193669 & 1.006088 & 0.145366 & 0.102719 & 0.124037 & 0.129288 & 0.096627 & 0.234566 \\ 0.01382 & 0.011406 & 0.005998 & 0.139293 & 0.017948 & 0.004985 & 0.000446 & 1.017303 & 0.006758 & 0.011627 & 0.008245 & 0.008712 & 0.015524 \\ 0.068986 & 0.053032 & 0.012328 & 0.106534 & 0.032408 & 0.056345 & 0.002225 & 0.024898 & 1.017555 & 0.055053 & 0.056429 & 0.055009 & 0.098874 \\ 0.064424 & 0.049334 & 0.009867 & 0.102184 & 0.02956 & 0.053932 & 0.002078 & 0.023258 & 0.047011 & 1.022558 & 0.052482 & 0.052758 & 0.065472 \\ 0.087242 & 0.034836 & 0.017758 & 0.158585 & 0.043687 & 0.095551 & 0.002814 & 0.031043 & 0.120058 & 0.09742 & 1.040017 & 0.096705 & 0.146702 \\ 0.14726 & 0.064453 & 0.020532 & 0.16403 & 0.113792 & 0.072959 & 0.00475 & 0.042989 & 0.0869 & 0.068224 & 0.072136 & 1.041316 & 0.153096 \\ 0.145979 & 0.118334 & 0.078765 & 0.139185 & 0.091132 & 0.077216 & 0.004709 & 0.052455 & 0.057429 & 0.039826 & 0.126323 & 0.072014 & 1.068864 \end{pmatrix} \quad (5.8)$$

$$T_n = \begin{pmatrix} 1.111237 & 0.103997 & 0.11184 & 0.191128 & 0.192929 & 0.182811 & 0.093004 & 0.181895 & 0.100317 & 0.155311 & 0.136222 & 0.15733 & 0.16991 \\ 0.210044 & 1.08805 & 0.096446 & 0.24212 & 0.204357 & 0.190833 & 0.075336 & 0.192893 & 0.103176 & 0.140593 & 0.122436 & 0.143325 & 0.219798 \\ 0.107631 & 0.088456 & 1.053191 & 0.178108 & 0.170182 & 0.093588 & 0.059567 & 0.163377 & 0.081147 & 0.087929 & 0.093742 & 0.09233 & 0.184507 \\ 0.176287 & 0.148177 & 0.111691 & 1.143736 & 0.194198 & 0.119447 & 0.071203 & 0.185156 & 0.120708 & 0.153017 & 0.134094 & 0.135877 & 0.191832 \\ 0.117108 & 0.092941 & 0.079018 & 0.203672 & 1.086136 & 0.120146 & 0.06118 & 0.120938 & 0.08756 & 0.094856 & 0.120352 & 0.139793 & 0.189917 \\ 0.186673 & 0.095082 & 0.082406 & 0.211085 & 0.139275 & 1.084552 & 0.065736 & 0.107825 & 0.092492 & 0.147521 & 0.146669 & 0.126417 & 0.154247 \\ 0.244192 & 0.202233 & 0.182803 & 0.285559 & 0.216483 & 0.221865 & 1.066324 & 0.202354 & 0.171945 & 0.190035 & 0.191826 & 0.170064 & 0.262047 \\ 0.083594 & 0.068761 & 0.059949 & 0.164314 & 0.082224 & 0.072752 & 0.048529 & 1.053774 & 0.064705 & 0.071819 & 0.071051 & 0.071124 & 0.090565 \\ 0.135403 & 0.11114 & 0.076293 & 0.177082 & 0.106872 & 0.120379 & 0.060321 & 0.097341 & 1.060895 & 0.1155 & 0.116852 & 0.115962 & 0.164371 \\ 0.130799 & 0.107277 & 0.073231 & 0.172287 & 0.103301 & 0.117071 & 0.05868 & 0.094508 & 0.10354 & 1.067426 & 0.112795 & 0.112818 & 0.13869 \\ 0.157222 & 0.106244 & 0.088805 & 0.224355 & 0.124569 & 0.158095 & 0.069074 & 0.111757 & 0.165521 & 0.154345 & 1.090071 & 0.154482 & 0.208421 \\ 0.202925 & 0.129848 & 0.092303 & 0.229841 & 0.175424 & 0.142909 & 0.071961 & 0.12036 & 0.144554 & 0.135593 & 0.138275 & 1.09288 & 0.214504 \\ 0.202585 & 0.169985 & 0.134739 & 0.210987 & 0.157095 & 0.145565 & 0.072236 & 0.124651 & 0.123638 & 0.115239 & 0.178533 & 0.138316 & 1.129974 \end{pmatrix} \quad (5.9)$$

Adım 4.Durulaştırma İşleminin Gerçekleştirilmesi

Durulaştırma işlemi beşinci bölümde adımları açıklanan CFCS metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. (4.5), (4.6), (4.7) ve (4.8) eşitlikleri kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılmış ve elde edilen değerler Tablo 5.2’de gösterilmiştir. Tablo 5.2’nin tamamı EK B’de verilmiştir.

Tablo 5.2: CFCS metoduna göre durulaştırma tablosu

	Bulank değerler			Normalizasyon						Sağ ve sol normalize değerler		Toplam normalize değerler	Nihai duru değerler
	l	m	u	l	u	Δ	$x l$	$x m$	$x u$	$x ls$	$x rs$	x	z
K_1	1.023	1.049	1.111	0	1.14	1.14	0.895	0.918	0.971	0.897	0.922	0.919	1.051
K_2	0.14	0.151	0.210	0	1.14	1.14	0.127	0.132	0.184	0.131	0.174	0.138	0.158
K_3	0.024	0.028	0.108	0	1.14	1.14	0.021	0.025	0.094	0.024	0.087	0.029	0.034
K_4	0.072	0.107	0.176	0	1.14	1.14	0.064	0.094	0.154	0.090	0.145	0.098	0.112
K_5	0.028	0.041	0.117	0	1.14	1.14	0.025	0.036	0.102	0.035	0.096	0.041	0.047
...
K_{12}	0.130	0.153	0.214	0	1.14	1.14	0.114	0.134	0.187	0.131	0.177	0.139	0.159
K_{13}	1.042	1.069	1.130	0	1.14	1.14	0.911	0.935	0.987	0.913	0.937	0.935	1.070

Tablo 5.2 yardımıyla hesaplanan ve durulaştırılmış değerlerden oluşturulan D toplam ilişki matrisi (5.10) eşitliğinde gösterilmiştir.

$$D = \begin{pmatrix} 1.051776 & 0.031696 & 0.051197 & 0.119139 & 0.142216 & 0.132416 & 0.036987 & 0.133367 & 0.02972 & 0.098951 & 0.071556 & 0.101301 & 0.095332 \\ 0.158676 & 1.036004 & 0.026075 & 0.187793 & 0.155771 & 0.139599 & 0.008731 & 0.146875 & 0.027834 & 0.074 & 0.050282 & 0.077382 & 0.160521 \\ 0.034082 & 0.026271 & 1.01653 & 0.125962 & 0.158225 & 0.022294 & 0.003542 & 0.156257 & 0.016481 & 0.018798 & 0.029555 & 0.027916 & 0.137614 \\ 0.112577 & 0.092898 & 0.050162 & 1.080647 & 0.144967 & 0.044599 & 0.006995 & 0.139698 & 0.056158 & 0.094741 & 0.067801 & 0.071116 & 0.125652 \\ 0.047292 & 0.030745 & 0.018321 & 0.149537 & 1.037163 & 0.056327 & 0.004089 & 0.059766 & 0.025033 & 0.028123 & 0.062908 & 0.089496 & 0.139226 \\ 0.137921 & 0.02791 & 0.018495 & 0.153516 & 0.075584 & 1.03504 & 0.007277 & 0.039201 & 0.027852 & 0.098106 & 0.094772 & 0.06725 & 0.082354 \\ 0.196055 & 0.152645 & 0.163053 & 0.239345 & 0.165591 & 0.198256 & 1.011464 & 0.152037 & 0.107714 & 0.129155 & 0.133369 & 0.099762 & 0.238718 \\ 0.018029 & 0.014349 & 0.008427 & 0.145133 & 0.021851 & 0.008597 & 0.002251 & 1.021031 & 0.009539 & 0.014825 & 0.011508 & 0.011956 & 0.020349 \\ 0.072259 & 0.055909 & 0.015832 & 0.111307 & 0.037436 & 0.059509 & 0.004863 & 0.029621 & 1.019818 & 0.057917 & 0.059324 & 0.057819 & 0.103279 \\ 0.067583 & 0.052085 & 0.013221 & 0.106787 & 0.03443 & 0.057016 & 0.004588 & 0.027781 & 0.049567 & 1.024569 & 0.055281 & 0.055522 & 0.069473 \\ 0.091429 & 0.039856 & 0.022154 & 0.166457 & 0.050008 & 0.099785 & 0.00619 & 0.037119 & 0.124418 & 0.101245 & 1.041727 & 0.100026 & 0.153592 \\ 0.15308 & 0.068282 & 0.025066 & 0.17056 & 0.118678 & 0.0768 & 0.008292 & 0.049078 & 0.090632 & 0.071899 & 0.075405 & 1.042421 & 0.159165 \\ 0.152119 & 0.124097 & 0.082666 & 0.145105 & 0.095176 & 0.081451 & 0.008278 & 0.058441 & 0.061233 & 0.045288 & 0.131299 & 0.075344 & 1.070257 \end{pmatrix}$$

(5.10)

Adım 5.Etkileyen ve Etkilenen (gönderici ve alıcı) Grupların Belirlenmesi

Kriterler arasındaki önem derecelerini belirlemek için dördüncü adımda elde edilen D matrisinin satır ve sütun toplamaları olan D ve R değerleri kullanılmaktadır. $D+R$ ve $D-R$ değerleri Tablo 5.3’te gösterilmektedir.

Tablo 5.3: *D* ve *R* değerleri tablosu

	<i>D</i> değerleri	<i>R</i> değerleri	<i>D+R</i>	<i>D-R</i>
K₁	2.095652	2.292878	4.38853	-0.19723
K₂	2.249543	1.752746	4.002289	0.496797
K₃	1.773527	1.511198	3.284725	0.262329
K₄	2.088012	2.901288	4.989301	-0.81328
K₅	1.748026	2.237096	3.985122	-0.48907
K₆	1.865278	2.011689	3.876967	-0.14641
K₇	2.987162	1.113546	4.100707	1.873616
K₈	1.307845	2.050273	3.358119	-0.74243
K₉	1.684892	1.645999	3.33089	0.038893
K₁₀	1.617903	1.857615	3.475518	-0.23971
K₁₁	2.034006	1.884787	3.918792	0.149219
K₁₂	2.109357	1.87731	3.986667	0.232047
K₁₃	2.130754	2.555531	4.686284	-0.42478

Yukarıdaki tablo analiz edildiğinde, ilk bakışta 4.kriter olan devamlılık, 13.kriter olan kaynak tüketimi, 1.kriter olan maliyet, 7.kriter olan üretim teknolojisi ve 2.kriter olan verimlilik değerlerinin tedarikçi seçiminde diğer kriterlere göre daha önemli olduğu ve verilecek karara etkilerinin diğer kriterlere göre yüksek olduğu gözlenebilmektedir. 1.kriter olan maliyet, 4.kriter olan devamlılık, 5.kriter olan tedarik süresi, 6.kriter olan kalite,8.kriter olan cevap verebilirlik,10.kriter olan işbaşı eğitimi, 13.kriter olan kaynak tüketimi negatif *D-R* değerine sahip olduğu için etkilenen grupta, 2.kriter olan verimlilik, 3.kriter olan kapasite, 7.kriter olan üretim teknolojisi, 9.kriter olan cevap verebilirlik,11.kriter olan çevresel yönetim sistemi,12.kriter olan çevreye duyarlı ürün tasarımı pozitif *D-R* değerine sahip olduğu için etkileyen grupta yer almaktadır.

Adım 6.Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Tüm kriterlerin ağırlık değerleri (4.9) eşitliği kullanılarak hesaplanır. Bulanık DEMATEL yöntemi kullanılarak hesaplanan kriter ağırlık değerleri Tablo 5.4'te gösterilmektedir.

Tablo 5.4: Kriter ağırlıkları

Kriterler	Kriter ağırlıkları
<i>Maliyet (K₁)</i>	0.084
<i>Verimlilik (K₂)</i>	0.077
<i>Kapasite (K₃)</i>	0.063
<i>Devamlılık (K₄)</i>	0.097
<i>Tedarik süresi (K₅)</i>	0.077
<i>Kalite (K₆)</i>	0.075
<i>Üretim teknolojisi (K₇)</i>	0.087
<i>Cevap verebilirlik (K₈)</i>	0.066
<i>İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi (K₉)</i>	0.064
<i>İşbaşı eğitimi (K₁₀)</i>	0.067
<i>Çevresel yönetim sistemi (K₁₁)</i>	0.075
<i>Çevreye duyarlı ürün tasarımı (K₁₂)</i>	0.077
<i>Kaynak tüketimi (K₁₃)</i>	0.091

5.2 Bulanık Gri İlişkisel Analiz Uygulaması

Sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemi için tedarikçilerin nihai sıralamalarının ve ağırlık değerlerinin elde edileceği yöntem olarak bulanık gri ilişkisel analiz kullanılmıştır.

Adım 1. Veri Setinin Hazırlanması ve Karar Matrisinin Oluşturulması

Gri ilişkisel analiz yöntemi, dört farklı tedarikçi alternatifinin on üç farklı kriter yönünden uzman görüşü alınarak dilsel değişkenlerle değerlendirilmesi aşamasıyla başlamaktadır. Çalışmada dilsel değişkenlerin bulanık sayılara dönüştürülmesinde Tablo 5.5'teki bulanık dilsel ölçek esas alınmıştır.

Tablo 5.5: Bulanık dilsel ölçek (Kulak ve Kahraman 2005)

Tanım	Bulanık değer
<i>Zayıf (Poor - P)</i>	(0,0,6)
<i>Orta (Fair - F)</i>	(4,7,10)
<i>İyi (Good - G)</i>	(8,11,14)
<i>Çok iyi (Very good - VG)</i>	(12,15,18)
<i>Mükemmel (Excellent - E)</i>	(16,20,20)

Uzman görüşü alınırken Tablo 5.5'te yer alan dilsel değişkenlerden yararlanılmıştır. Bu nedenle uzmana tedarikçilerin kriterler bazında değerlendirmesini beş dereceli (*zayıf-P*, *orta-F*, *iyi-G*, *çok iyi-VG*, *mükemmel-E*) olarak ifade etmesi

istenmiştir. Elde edilen dilsel değişkenler yardımıyla, alternatiflerin değerlendirilmesini gösteren Tablo 5.6 oluşturulmuştur.

Tablo 5.6: Tedarikçilerin kriterlere göre değerlendirilmesi

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	K_9	K_{10}	K_{11}	K_{12}	K_{13}
T_1	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>P</i>	<i>F</i>
T_2	<i>G</i>	<i>VG</i>	<i>E</i>	<i>VG</i>	<i>VG</i>	<i>VG</i>	<i>E</i>	<i>VG</i>	<i>VG</i>	<i>G</i>	<i>VG</i>	<i>VG</i>	<i>VG</i>
T_3	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>VG</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>VG</i>	<i>VG</i>	<i>VG</i>	<i>VG</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>E</i>	<i>VG</i>
T_4	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>VG</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>VG</i>	<i>G</i>	<i>G</i>	<i>VG</i>	<i>G</i>

Daha sonraki aşamada uzman görüşü sonucu elde edilen dilsel değişkenler Tablo 5.5 kullanılarak bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Alternatiflerin kriterler bazında bulanık sayılarla değerlendirildiği karar matrisi (5.11) eşitliğinde verilmiştir.

Adım 2.Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Eşitlik (4.12)'ten yararlanılarak, her bir alternatifin, kriter bazında almış olduğu bulanık değerler, ilgili kriterin tüm alternatifler için almış olduğu maksimum değere bölünerek veya Eşitlik (4.13)'ten yararlanılarak kriter bazında alınan en küçük değerler, bulanık değerlere bölünerek normalizasyon işlemi gerçekleştirilir. Bu işlemin sonucunda hesaplanan değerler, (5.12) eşitliğindeki normalize karar matrisini oluşturmaktadır. Matrisin tamamı EK A'da gösterilmektedir.

Adım 3.Referans Serisinin Belirlenmesi

Her bir kriter için, arzu edilen duruma en yakın değerler referans serisini oluşturmaktadır. Referans serisini oluşturmak için Eşitlik (4.15) veya (4.16)'dan yararlanılır. İncelediğimiz problem en büyükleme amacına sahip olduğu için (4.15) eşitliği kullanılarak, kriter bazında en yüksek değerleri göstermekte olan (5.13) eşitliğinde gösterilen referans serisini oluşturmaktadır. Serinin tamamı EK A'da gösterilmektedir.

Adım 4.Uzaklık Matrisinin Oluşturulması

Referans serisinden yararlanılarak, (4.17) eşitliği kullanılarak elde edilen değerler (4.18) eşitliğinde yerine yazılarak uzaklık matrisi meydana getirilmiştir. Hesaplanan değerler sonucu oluşturulan uzaklık matrisi (5.14) eşitliğinde gösterilmektedir.

Adım 5.Gri İlişkisel Katsayı Matrisinin Oluşturulması

Eşitlik (4.19) kullanılarak, her bir alternatifin her bir kriter için almış olduğu değerler yani gri ilişkisel katsayılar hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen gri ilişkisel katsayı matrisi (5.15) eşitliğinde verilmiştir.

Adım 6.Gri İlişkisel Derecelerin Hesaplanması

Gri ilişkisel derecelerin hesaplanması aşamasında, beşinci adımda bulanık gri ilişkisel analiz ile hesaplanan değerler, bulanık DEMATEL yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları ile çarpılarak, sürdürülebilir tedarikçi seçimi probleminde nihai sıralama gerçekleştirilmiştir. (5.16) eşitliğinde gösterilen gri ilişkisel derece matrisi, gri ilişkisel katsayı matrisi ile kriter ağırlıklarının çarpılması sonucu elde edilmiştir ve her bir alternatifin kriterler bazındaki puanlarını içermektedir.

Tablo 5.7 tedarikçilerin önerilen bütünleşik yöntem kullanılarak hesaplanan önem derecelerinin nihai ve normalize edilmiş değerlerini göstermektedir.

Tablo 5.7: Tedarikçilerin sürdürülebilirlik kriterlerine göre nihai değerlendirilmesi

Tedarikçiler	Nihai değeri	Normalize edilmiş değerler
T_1	0.586	0.190
T_2	0.945	0.307
T_3	0.827	0.268
T_4	0.724	0.235
Toplam	3.082	1.000

Tablo 5.7’de görüldüğü üzere, tedarikçilerin sürdürülebilirlik kriterlerine göre sıralanması T_2, T_3, T_4, T_1 şeklindedir. Eğer bir tek tedarikçi ile çalışılacaksa belirlenmiş kriterlere en uygun tedarikçi T_2 ’dir. Eğer birden fazla tedarikçi ile çalışılacaksa tabloda verilen değerler, tedarikçilerin ağırlık değerleri olarak belirlenip uygun şekilde atama yapılabilir.

$$X = \begin{pmatrix} (8, 11, 14) & (4, 7, 10) & (8, 11, 14) & (16, 20, 20) & (4, 7, 10) & (8, 11, 14) & (4, 7, 10) & (8, 11, 14) & (4, 7, 10) & (4, 7, 10) & (0, 0, 6) & (0, 0, 6) & (4, 7, 10) \\ (8, 11, 14) & (12, 15, 18) & (16, 20, 20) & (12, 15, 18) & (12, 15, 18) & (12, 15, 18) & (16, 20, 20) & (12, 15, 18) & (12, 15, 18) & (8, 11, 14) & (12, 15, 18) & (12, 15, 18) & (12, 15, 18) \\ (8, 11, 14) & (8, 11, 14) & (12, 15, 18) & (8, 11, 14) & (8, 11, 14) & (12, 15, 18) & (12, 15, 18) & (12, 15, 18) & (12, 15, 18) & (8, 11, 14) & (8, 11, 14) & (16, 20, 20) & (12, 15, 18) \\ (8, 11, 14) & (8, 11, 14) & (8, 11, 14) & (8, 11, 14) & (8, 11, 14) & (12, 15, 18) & (8, 11, 14) & (8, 11, 14) & (12, 15, 18) & (8, 11, 14) & (8, 11, 14) & (12, 15, 18) & (8, 11, 14) \end{pmatrix} \quad (5.11)$$

$$X^* = \begin{pmatrix} (0.571429, 0.785714, 1) & (0.222222, 0.388889, 0.555556) & (0.4, 0.55, 0.7) & (0.8, 1, 1) & (0.222222, 0.388889, 0.555556) & \dots & (0.222222, 0.388889, 0.555556) \\ (0.571429, 0.785714, 1) & (0.666667, 0.833333, 1) & (0.8, 1, 1) & (0.6, 0.75, 0.9) & (0.666667, 0.833333, 1) & \dots & (0.666667, 0.833333, 1) \\ (0.571429, 0.785714, 1) & (0.444444, 0.611111, 0.777778) & (0.6, 0.75, 0.9) & (0.4, 0.55, 0.7) & (0.444444, 0.611111, 0.777778) & \dots & (0.666667, 0.833333, 1) \\ (0.571429, 0.785714, 1) & (0.444444, 0.611111, 0.777778) & (0.4, 0.55, 0.7) & (0.4, 0.55, 0.7) & (0.444444, 0.611111, 0.777778) & \dots & (0.444444, 0.611111, 0.777778) \end{pmatrix} \quad (5.12)$$

$$\tilde{R}_0 = [(0.571429, 0.785714, 1), (0.666667, 0.833333, 1), (0.8, 1, 1), (0.8, 1, 1), (0.666667, 0.833333, 1), (0.666667, 0.833333, 1), (0.8, 1, 1), \dots, (0.666667, 0.833333, 1)] \quad (5.13)$$

$$\Delta_{oi} = \begin{pmatrix} 0 & 0, 444444 & 0, 388373 & 0 & 0, 444444 & 0, 222222 & 0, 586657 & 0, 222222 & 0, 444444 & 0, 285714 & 0, 726483 & 0, 842615 & 0, 444444 \\ 0 & 0 & 0 & 0, 193649 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0, 193649 & 0 \\ 0 & 0, 222222 & 0, 193649 & 0, 388373 & 0, 222222 & 0 & 0, 193649 & 0 & 0 & 0 & 0, 222222 & 0 & 0 \\ 0 & 0, 222222 & 0, 388373 & 0, 388373 & 0, 222222 & 0 & 0, 388373 & 0, 222222 & 0 & 0 & 0, 222222 & 0, 193649 & 0, 222222 \end{pmatrix} \quad (5.14)$$

$$\gamma_{oi} = \begin{pmatrix} 1 & 0.486638 & 0.520338 & 1 & 0.486638 & 0.654682 & 0.417978 & 0.654682 & 0.486638 & 0.59589 & 0.36706 & 0.333333 & 0.486638 \\ 1 & 1 & 1 & 0.685101 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0.685101 & 1 \\ 1 & 0.654682 & 0.685101 & 0.520338 & 0.654682 & 1 & 0.685101 & 1 & 1 & 1 & 0.654682 & 1 & 1 \\ 1 & 0.654682 & 0.520338 & 0.520338 & 0.654682 & 1 & 0.520338 & 0.654682 & 1 & 1 & 0.654682 & 0.685101 & 0.654682 \end{pmatrix} \quad (5.15)$$

$$\Gamma_{oi} = \begin{pmatrix} 0.084 & 0.037471 & 0.032781 & 0.097 & 0.037471 & 0.049101 & 0.036364 & 0.043209 & 0.031145 & 0.039925 & 0.027529 & 0.025667 & 0.044284 \\ 0.084 & 0.077 & 0.063 & 0.066455 & 0.077 & 0.075 & 0.087 & 0.066 & 0.064 & 0.067 & 0.075 & 0.052753 & 0.091 \\ 0.084 & 0.050411 & 0.043161 & 0.050473 & 0.050411 & 0.075 & 0.059604 & 0.066 & 0.064 & 0.067 & 0.049101 & 0.077 & 0.091 \\ 0.084 & 0.050411 & 0.032781 & 0.050473 & 0.050411 & 0.075 & 0.045269 & 0.043209 & 0.064 & 0.067 & 0.049101 & 0.052753 & 0.059576 \end{pmatrix} \quad (5.16)$$

5.3 Bulanık Doğrusal Programlama Uygulaması

Sürdürülebilir tedarikçi seçiminin son aşamasında hangi tedarikçiden ne kadar sipariş verileceği belirlenmiştir. Bu kısımda, 5.1 ve 5.2 kısımlarında açıklanan yöntemler sonucu elde edilen, tedarikçilerin sürdürülebilirlik kriterlerine göre hesaplanan ağırlık değerleri, oluşturulan modelde girdi olarak kullanılmıştır. Karar verme problemlerindeki belirsizliği modele aktarmak ve belirsizlikleri daha iyi modelleyebilmek açısından çözüme ulaşmada bulanık doğrusal programlamadan yararlanılmıştır.

İncelenen problemde dört farklı tedarikçi alternatifi, ihtiyaç duyulan ve sipariş edilmesi gereken üç farklı ürün, tedarikçilerin her bir ürün için hata oranı değerleri, işletmenin her bir ürün için arzu ettiği hata oranı değerleri, her bir ürün için talep miktarları ve tedarikçilerin kapasite değerleri bulunmaktadır. Bu noktada, her bir ürüne olan talep, tedarikçilerin işletme için ayırabileceği kapasite ve her bir ürün için arzu edilen hata oranı değerlerinin değişkenlik gösterebileceği ve kesin olarak saptanamayacağı varsayımına dayanarak model bulanık doğrusal programlama modeli haline getirilmiştir. Bulanık doğrusal programlama modeli kurulurken Shaw ve diğ. (2012), Kılıç (2013) ve Kannan ve diğ. (2013) tarafından yapılan çalışmalardan faydalanılmıştır. İlerleyen aşamalarda kurulan modelde kullanılan parametreler, amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcılar açıklanmıştır.

Modelde Kullanılan Parametreler

- i : Tedarikçi
- j : Ürün
- N : Tedarikçilerin toplam sayısı ($N=4$)
- M : Ürünlerin toplam sayısı ($M=3$)
- W_i : i tedarikçisinin ağırlık değeri ($W_1=0.190$, $W_2=0.307$, $W_3=0.268$, $W_4=0.235$)
- D_j : j ürününe ait sipariş miktarı ($D_1=300$, $D_2=400$, $D_3=600$)

C_i : i tedarikçisinin işletme için ayırabileceği toplam kapasite miktarı
($C_1=400, C_2=500, C_3=200, C_4=450$)

q_i : i tedarikçisinin hata oranı değeri ($q_1=0.12, q_2=0.06, q_3=0.08, q_4=0.09$)

Q_j : j ürünü için arzu edilen hata oranı ($Q_1=0.10, Q_2=0.08, Q_3=0.09$)

Modelin Karar Değişkenleri

Çalışmada elde edilen veriler sonucunda, verilmesi gereken sipariş miktarlarının ve siparişlerin verileceği tedarikçilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle hangi tedarikçiden ne kadarlık sipariş verileceği çalışmanın karar değişkenlerini oluşturmaktadır.

A_{ij} : i tedarikçisinin j ürününe ait sipariş miktarı

Modelin Amaç Fonksiyonu

Modelde amaçlanan sürdürülebilirlik kriterlerine göre en uygun tedarikçilerden verilmesi gereken ürün miktarını belirlemek olduğu için Eşitlik (5.17)'de gösterilen amaç fonksiyonu kullanılmıştır. Belirlenen fonksiyon, tedarikçilerin ağırlıklarına göre her bir tedarikçiden temin edilecek ürün miktarını, bir diğer deyişle toplam satın alma değerini (total value of purchasing - *TVP*) en büyükleme amacı taşımaktadır.

$$MaxZ = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (A_{ij} \times W_i) \quad (5.17)$$

Modelin Kısıtlayıcıları

Modelin kısıtlayıcıları (5.18), (5.19), (5.20) ve (5.21) eşitliklerinde gösterilmiştir. Eşitlik (5.18), her bir tedarikçiden sipariş edilen ürün miktarlarının toplamının, talep edilen toplam ürün miktarına eşit olması gerektiğini göstermektedir. Eşitlik (5.19), her bir tedarikçiden sipariş edilecek ürün miktarları toplamının, tedarikçinin işletme için ayırabileceği toplam kapasiteye eşit veya küçük olması gerektiğini sağlamaktadır. Eşitlik (5.20), her bir tedarikçiden elde edilecek ürünlerdeki hata oranlarının, ürün için arzu edilen hata oranından daha küçük olmasını, Eşitlik (5.21) ise karar değişkeninin sıfırdan büyük değerler almasını sağlamaktadır.

$$\sum_{i=1}^N A_{ij} = D_j \quad \forall j \in M \quad (5.18)$$

$$\sum_{j=1}^M A_{ij} \leq C_i \quad \forall i \in N \quad (5.19)$$

$$\sum_{i=1}^N (q_i \times A_{ij}) \leq (Q_j \times D_j) \quad \forall j \in M \quad (5.20)$$

$$A_{ij} \geq 0 \quad (5.21)$$

Probleme bulunan D_j , C_i ve Q_j değerlerinin belirsizlik içerdiği ve tam olarak saptanamayacağı düşünüldüğü için kısıtlayıcıların sağ taraf değerlerinde bulanıklık söz konusudur. Bu nedenle doğrusal model bulanık halde ifade edilmiştir. Eşitlik (5.22) problemin çözümüne yönelik kurulan bulanık doğrusal programlama modelini göstermektedir.

$$Z_{maks} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (A_{ij} \times W_i)$$

k.a.

$$\sum_{i=1}^N A_{ij} \cong D_j \quad \forall j \in M \quad (5.22)$$

$$\sum_{j=1}^M A_{ij} \tilde{\leq} C_i \quad \forall i \in N$$

$$\sum_{i=1}^N (q_i \times A_{ij}) \tilde{\leq} (Q_j \times D_j) \quad \forall j \in M$$

$$A_{ij} \geq 0$$

Bu modelde amaç fonksiyonunda herhangi bir bulanıklık söz konusu olmadığı için kısıtlayıcıların sağ taraf değerleri için maksimum toleranslar belirlenmelidir. Belirlenen toleranslar sağ taraf değerlerinin artış miktarını göstermektedir. Ele alınan problemde tolerans değerleri talep kısıtlayıcısı için 100 adet, kapasite kısıtlayıcısı için 100 adet ve hata oranı kısıtlayıcısı için %5 olarak belirlenmiştir. Belirlenen tolerans değerleri göz önüne alınarak oluşturulan üyelik fonksiyonları (5.23), (5.24), (5.25) (5.26), (5.27), (5.28), (5.29), (5.30), (5.31) ve (5.32) eşitliklerinde verilmiştir.

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1 & A_{11} + A_{21} + A_{31} + A_{41} < 300 \text{ ise,} \\ 1 - \frac{(A_{11} + A_{21} + A_{31} + A_{41}) - 300}{100}, & 300 \leq A_{11} + A_{21} + A_{31} + A_{41} \leq 400 \text{ ise,} \\ 0 & A_{11} + A_{21} + A_{31} + A_{41} > 400 \text{ ise,} \end{cases} \quad (5.23)$$

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 1 & A_{12} + A_{22} + A_{32} + A_{42} < 400 \text{ ise,} \\ 1 - \frac{(A_{12} + A_{22} + A_{32} + A_{42}) - 400}{100}, & 400 \leq A_{12} + A_{22} + A_{32} + A_{42} \leq 500 \text{ ise,} \\ 0 & A_{12} + A_{22} + A_{32} + A_{42} > 500 \text{ ise,} \end{cases} \quad (5.24)$$

$$\mu_3(x) = \begin{cases} 1 & A_{13} + A_{23} + A_{33} + A_{43} < 600 \text{ ise,} \\ 1 - \frac{(A_{13} + A_{23} + A_{33} + A_{43}) - 600}{100}, & 600 \leq A_{13} + A_{23} + A_{33} + A_{43} \leq 700 \text{ ise,} \\ 0 & A_{13} + A_{23} + A_{33} + A_{43} > 700 \text{ ise,} \end{cases} \quad (5.25)$$

$$\mu_4(x) = \begin{cases} 1 & A_{11} + A_{12} + A_{13} < 400 \text{ ise,} \\ 1 - \frac{(A_{11} + A_{12} + A_{13}) - 400}{100}, & 400 \leq A_{11} + A_{12} + A_{13} \leq 500 \text{ ise,} \\ 0 & A_{11} + A_{12} + A_{13} > 500 \text{ ise,} \end{cases} \quad (5.26)$$

$$\mu_5(x) = \begin{cases} 1 & A_{21} + A_{22} + A_{23} < 500 \text{ ise,} \\ 1 - \frac{(A_{21} + A_{22} + A_{23}) - 500}{100}, & 500 \leq A_{21} + A_{22} + A_{23} \leq 600 \text{ ise,} \\ 0 & A_{21} + A_{22} + A_{23} > 600 \text{ ise,} \end{cases} \quad (5.27)$$

$$\mu_6(x) = \begin{cases} 1 & A_{31} + A_{32} + A_{33} < 200 \text{ ise,} \\ 1 - \frac{(A_{31} + A_{32} + A_{33}) - 200}{100}, & 200 \leq A_{31} + A_{32} + A_{33} \leq 300 \text{ ise,} \\ 0 & A_{31} + A_{32} + A_{33} > 300 \text{ ise,} \end{cases} \quad (5.28)$$

$$\mu_7(x) = \begin{cases} 1 & A_{41} + A_{42} + A_{43} < 450 \text{ ise,} \\ 1 - \frac{(A_{41} + A_{42} + A_{43}) - 450}{100}, & 450 \leq A_{41} + A_{42} + A_{43} \leq 550 \text{ ise,} \\ 0 & A_{41} + A_{42} + A_{43} > 550 \text{ ise,} \end{cases} \quad (5.29)$$

$$\mu_8(x) = \begin{cases} 1 & 0.12A_{11} + 0.06A_{21} + 0.08A_{31} + 0.09A_{41} < 30 \text{ ise,} \\ 1 - \frac{(0.12A_{11} + 0.06A_{21} + 0.08A_{31} + 0.09A_{41}) - 30}{0.05}, & 30 \leq 0.12A_{11} + 0.06A_{21} + 0.08A_{31} + 0.09A_{41} \leq 45 \text{ ise,} \\ 0 & 0.12A_{11} + 0.06A_{21} + 0.08A_{31} + 0.09A_{41} > 45 \text{ ise,} \end{cases}$$

(5.30)

$$\mu_9(x) = \begin{cases} 1 & 0.12A_{12} + 0.06A_{22} + 0.08A_{32} + 0.09A_{42} < 32 \text{ ise,} \\ 1 - \frac{(0.12A_{12} + 0.06A_{22} + 0.08A_{32} + 0.09A_{42}) - 32}{0.05}, & 32 \leq 0.12A_{12} + 0.06A_{22} + 0.08A_{32} + 0.09A_{42} \leq 52 \text{ ise,} \\ 0 & 0.12A_{12} + 0.06A_{22} + 0.08A_{32} + 0.09A_{42} > 52 \text{ ise,} \end{cases}$$

(5.31)

$$\mu_{10}(x) = \begin{cases} 1 & 0.12A_{13} + 0.06A_{23} + 0.08A_{33} + 0.09A_{43} < 54 \text{ ise,} \\ 1 - \frac{(0.12A_{13} + 0.06A_{23} + 0.08A_{33} + 0.09A_{43}) - 54}{0.05}, & 54 \leq 0.12A_{13} + 0.06A_{23} + 0.08A_{33} + 0.09A_{43} \leq 84 \text{ ise,} \\ 0 & 0.12A_{13} + 0.06A_{23} + 0.08A_{33} + 0.09A_{43} > 84 \text{ ise,} \end{cases}$$

(5.32)

Üyelik fonksiyonları oluşturulduktan sonra kısıtlayıcıların üyelik fonksiyonları için λ kesimleri bulunur. Daha sonra $\theta = 1 - \lambda$ dönüşümü yapılarak bulanık doğrusal programlama modeli parametrik doğrusal programlama modeline çevrilir. Eşitlik (5.33) problemin çözümünde kullanılacak olan modeli göstermektedir.

$$Z = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (A_{ij} \times W_i) \rightarrow \text{Maksimum}$$

$$A_{11} + A_{21} + A_{31} + A_{41} = 300 + 100\theta$$

$$A_{12} + A_{22} + A_{32} + A_{42} = 400 + 100\theta$$

$$A_{13} + A_{23} + A_{33} + A_{43} = 600 + 100\theta$$

$$A_{11} + A_{12} + A_{13} \leq 400 + 100\theta$$

$$A_{21} + A_{22} + A_{23} \leq 500 + 100\theta$$

$$A_{31} + A_{32} + A_{33} \leq 200 + 100\theta$$

$$A_{41} + A_{42} + A_{43} \leq 450 + 100\theta$$

$$0.12A_{11} + 0.06A_{21} + 0.08A_{31} + 0.09A_{41} \leq 30 + 300 * 0.05\theta$$

$$0.12A_{12} + 0.06A_{22} + 0.08A_{32} + 0.09A_{42} \leq 32 + 400 * 0.05\theta$$

$$0.12A_{13} + 0.06A_{23} + 0.08A_{33} + 0.09A_{43} \leq 54 + 600 * 0.05\theta$$
(5.33)

Verdegay yaklaşımı kullanılarak elde edilen parametrik doğrusal programlama modeli farklı θ değerleri için LINDO 6.1 paket programında çözdürüldüğünde, verilmesi gereken sipariş miktarları için Tablo 5.8'deki değerlere ulaşılmıştır.

Tablo 5.8: Tedarikçilerden verilmesi gereken sipariş miktarları

θ	1.0	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0
A ₁₁	150	150	150	150	150	150	150
A ₁₂	-	-	-	-	-	-	-
A ₁₃	-	-	-	-	-	-	-
A ₂₁	-	-	-	-	-	-	-
A ₂₂	450	440	420	200	380	290	350
A ₂₃	150	150	150	350	150	220	150
A ₃₁	250	240	220	-	180	90	150
A ₃₂	50	50	50	250	50	120	50
A ₃₃	-	-	-	-	-	-	-
A ₄₁	-	-	-	200	-	70	-
A ₄₂	-	-	-	-	-	-	-
A ₄₃	550	540	520	300	480	390	450
Z	422.35	414.25	398.05	381.85	365.65	349.45	341.35

Tablo 5.8'de görüldüğü üzere, karar verici belirlenen toleranslar içinde çeşitli seçim alternatiflerine sahiptir. Farklı talep düzeyleri, tedarikçilerin işletme için ayırabileceği kapasite ve her bir ürün için arzu edilen hata oranı değerleri için toleranslar dâhilinde uygun sipariş miktarları Tablo 5.8'den yararlanılarak belirlenebilir. Modelde değişkenlik gösterebileceği ve tam olarak saptanmasının zor olduğu düşünülen değerler, yüksek değerler aldığında θ bire yaklaşmakta, değerler, düşük değerler aldığında θ sıfıra yaklaşmaktadır. Belirtilen değerlerdeki

dalgalanmalar dikkate alınarak ve bulanık doğrusal programlamadan faydalanılarak, çeşitli seviyeler için verilmesi gereken sipariş miktarları belirlenmiştir. Uygulamanın sonucunda karar vericiye, sürdürülebilir tedarikçi seçimi problemine uygun bir çözüm bulması için bütünleşik bir yaklaşım önerilmiştir.

5.4 Bölüm Özeti

Bu bölümde, dördüncü bölümde uygulama adımları açıklanmış olan sürdürülebilir tedarikçi seçimi probleminin çözümü için önerilen üç aşamalı yöntemin uygulanması örnek bir problem üzerinde açıklanarak gösterilmiştir. Kriter ve tedarikçi ağırlıklarının, önem derecelerinin belirlenebilmesi, karar verme sürecindeki belirsizliklerin probleme daha iyi yansıtılabilmesi için bulanık küme teorisinden yardım alınmış ve dilsel ifadeler kullanılmıştır. Elde edilen tedarikçi ağırlıkları, uygun tedarikçilerden verilmesi gereken sipariş miktarlarının belirlenebilmesi ve tedarikçi seçiminin gerçekleştirilebilmesi için doğrusal programlama modeline girdi olarak eklenmiştir. Bu aşamada çeşitli kısıtlayıcı değerlerinin belirsizlik arz ettiği, kesin bir şekilde tahmin edilebilmelerinin zorluğu ve değişkenlik gösterebilecekleri varsayımları ile problemin çözümünde bulanık doğrusal programlama yönteminden yararlanılmıştır. Kullanılan yöntemler sonucunda, ön görülen çeşitli durumlar için uygun tedarikçiler ve bu tedarikçilerden verilmesi gereken sipariş miktarları belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ve gelecek çalışmalar için öneriler altıncı bölümde detaylı olarak açıklanmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada oldukça yeni bir konu olan ekstrem üretim süreci ana hatlarıyla açıklanmış, süreci oluşturan ekstrem programlama, scrum metotları ve kaizen felsefesinden söz edilmiştir. Çalışmanın asıl konusunu oluşturan ve ekstrem üretim sürecinin başlıca prensiplerinden olan tedarikçi seçimi, sürdürülebilirlik kriterleri göz önüne alınarak incelenmiştir. Çalışmada sürecin doğasında ve karar verici konumundaki uzmanların ifadelerinde bulunan belirsizliği probleme daha iyi yansıtmak için bulanık sayılar kullanılmıştır. Sürdürülebilirliğin boyutlarını oluşturan kriterlerin, tedarikçi seçimindeki ağırlıklarını araştırmak için bulanık DEMATEL yöntemi kullanılarak, uzman görüşleri sonucunda oluşturulan dilsel ifadeler bulanık sayısal ifadelere dönüştürülmüştür. Elde edilen kriter ağırlıkları, belirsizlik altında etkin karar vermeyi sağladığı düşünülen yöntemlerden biri olan bulanık gri ilişkisel analiz sonucunda elde edilen değerler ile çarpılarak tedarikçilerin sürdürülebilirlik kriterlerine göre belirlenen önem dereceleri ve sıralanması gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ise tedarikçilerin önem dereceleri, bulanık doğrusal programlama modelinde girdi olarak kullanılarak her bir tedarikçiden verilmesi gereken sipariş miktarları belirlenmiştir.

İşletmeler tedarikçi seçimi yaparken alacağı kararlarda, kendisinin ve içinde bulunduğu sistemin devamlılığını düşünmelidir. Bu nedenle, sürdürülebilirliğin tüm boyutlarını beraberce ele almaları ve aralarında bir denge kurmaları, gelecekte de varlıklarını devam ettirebilmeleri için oldukça önemlidir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, ekosistemden alınan geri dönüşler ve yürürlüğe getirilen kurallar göstermektedir ki sürdürülebilirlik kavramı her insan, kurum ve sistem tarafından benimsenmelidir. Bu noktada, ekstrem üretim sürecinin de düzgün ve hızlı şekilde devam edebilmesi için çalışılacak tedarikçilerle uzun süreli ilişkiler kurmak tercih edilebilir. Bu kapsamda tedarikçileri seçerken sadece maliyet odaklı değil farklı ölçütleri baz alarak değerlendirme yapmak uygun olacaktır. Yapılan çalışmada, işletmelerin tedarikçi seçiminde kullanabilecekleri sürdürülebilirliğe yönelik bütünlük bir yaklaşım önerilmiştir. Bu açıdan, bu konuda çalışmak isteyen araştırmacıların faydalanabilecekleri bir yol gösterici niteliği taşımaktadır.

Bilgisayar mühendisliği ve yazılım sektöründe kabul gören ve kendine akademik çevre ve özel sektörde aktif olarak kullanım alanı bulan birçok çevik yazılım geliştirme yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerin, ele alınan projelerin konularına bağlı olarak, geleneksel yöntemlere göre daha esnek olduğu, değişikliklere daha kolay adapte olabildikleri, daha kısa sürede ve daha kaliteli çıktılarına imkân sağladıkları görülmüştür. Her ne kadar elde edilen ürünler farklı olsa da, yazılım sektöründe proje yönetiminde kullanılan yöntemlerin, fiziksel üretim süreçlerine uygun hale getirilmesinin ve adapte edilmesinin sürece katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu sayede ürünlerin daha kısa sürede, müşterilerin gereksinimlerini karşılama derecesi arttırılmış olarak, en düşük kaynak kullanımı ile en verimli şekilde üretilmesi gerçekleştirilebilir.

Belirlenen kriterler ve tedarikçi değerlendirmeleri, uzman görüşlerinden yararlanılarak dilsel ifadelerle açıklanmış, kriterlerin ağırlıkları bulanık DEMATEL yöntemiyle tedarikçilerin seçimi ise bulanık gri ilişkisel analiz ve bulanık doğrusal programlama yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Üç yöntemin de yapıları gereği ve kullanılan bulanık sayılar yardımıyla problemde var olan belirsizliği iyi bir biçimde çözüme yansıtılabileceği düşünülmüştür. Tüm bunların yanı sıra literatürde birçok çok kriterli karar verme yöntemi bulunmaktadır ve her geçen gün yeni metotlar türetilmektedir. Daha sonraki çalışmalarda farklı karar verme yöntemleri kullanılarak çözümün araştırılabilmesi gerçekleştirilebilir.

7. KAYNAKLAR

Abrahamsson, P., Salo, O., Ronkainen, J., Warsta, J., *Agile Software Development Methods - Review and Analysis*, Espoo: VTT Publications, (2002).

Altan, Ş ve Kardeş Aydın, E., “Bulanık DEMATEL ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile üçüncü parti lojistik firma seçimi için bütünleşik bir model yaklaşımı”, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20 (5), 99-119, (2015).

Altuntaş Vural, C., “Sustainable demand chain management- an alternative perspective for sustainability in the supply chain”, *Social and Behavioral Sciences*, 207, 262-273, (2015).

Amindoust, A., Ahmed, S., Saghafinia, A., and Bahreininejad, A., “Sustainable supplier selection: A ranking model based on fuzzy inference system”, *Applied Soft Computing Journal*, 12 (6), 1668–1677, (2012).

Avcı Öztürk, B., and Özçelik, F., “Sustainable supplier selection with a fuzzy multi-criteria decision making method based on triple bottom line” *Business and Economics Research Journal*, 5 (3), 129–147, (2014).

Azadi, M., Jafarian, M., Farzipoor Saen, R., and Mirhedayatian, S. M., “A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context”, *Computers & Operations Research*, 54, 274–285, (2014).

Azadnia, A. H., Saman, M. Z. M., Wong, K. Y., Ghadimi, P., and Zakuan, N., “Sustainable Supplier Selection based on Self-organizing Map Neural Network and Multi Criteria Decision Making Approaches”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 65, 879–884, (2012).

Bai, C., and Sarkis, J., “Supplier Selection and Sustainability: A Grey Rough Set Evaluation [online]”, (15.06.2016), <http://www2.clarku.edu/departments/marsh/news/WP2009-05.pdf>, (2009).

Bai, C., and Sarkis, J., “Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies”, *International Journal of Production Economics*, 124 (1), 252–264, (2010).

Banaeian, N., Mobli, H., Fahimnia, B., Nielsen, I. E. and Omid, M., “Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry”, *Computers and Operations Research*, (In press).

Başkaya, Z., *Bulanık Doğrusal Programlama*, Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım, (2011).

Beck, K., *Extreme Programming Explained (1st Edition)*, New York: Addison Wesley, (1999).

Beck, K., *Extreme Programming Explained: Embrace Change*, New York: Addison-Wesley, (2000).

Beck, K., Beedle, M., van Bennekum, A., Cockburn, A., Cunningham, W., Fowler, M., Grenning, J., Highsmith, J., Hunt, A., Jeffries, R., Kern, J., Marick, B., Martin, R., Mellor, S., Schwaber, K., Sutherland, J. and Thomas, D., “Agile Manifesto [online]”, (15.06.2016), <http://www.agilemanifesto.org/>, (2001).

Bector, C. R. and Chandra, S., *Fuzzy mathematical programming and fuzzy matrix games*, Berlin: Springer-Verlag, (2005).

Bellman, R. E. and Zadeh, L. A., “Decision making in a fuzzy environment”, *Management Science*, 17 (4), 141-164, (1970).

Boer, de L., Labro, E. and Morlacchi, P., “A review of methods supporting supplier selection”, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7, 75-89, (2001).

Borandağ, E., “Basamaklı CMMI Modeli ile Extreme Programming Metodunun Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2006).

Brandenburg, M., Govindan, K., Sarkis, J., and Seuring, S., “Quantitative models for sustainable supply chain management: Developments and directions”, *European Journal of Operational Research*, 233 (2), 299–312, (2014).

Bruno, G., Esposito, E., Genovese, A., and Passaro, R., “AHP-based approaches for supplier evaluation: Problems and perspectives”, *Journal of Purchasing and Supply Management*, 18 (3), 159–172, (2012).

Büyüközkan, G. ve Çifçi, G., “A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information”, *Computers in Industry*, 62 (2), 164–174, (2011).

Carter, C. R. and Rogers D. S., “A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38 (5), 360-387, (2008).

Chaharsooghi, S. K., and Ashrafi, M., “Sustainable supplier performance evaluation and selection with Neofuzzy TOPSIS method”, *International Scholarly Research Notices*, 2014, 1-10, (2014).

Chai J., Liu J. N. K. and Ngai E. W. T. “Application of decision-making techniques in supplier selection: A systematic review of literature”, *Expert Systems with Applications*, 40 (10), 3872-3885, (2013).

Chen, C. T., “Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment”, *Fuzzy Sets and Systems*, 114 (1), 1-9, (2000).

Chen, Y. J., “Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain”, *Information Sciences*, 181 (9), 1651–1670, (2011).

Çınar, Y., “Kariyer tercihi probleminin yapısal bir modeli ve riske karşı tutumlar: Olasılıklı DEMATEL yöntemi temelli bütünleşik bir yaklaşım”, *Sosyoekonomi*, 1, 158-186, (2013).

Denning, S., “Wikispeed: How A 100 mpg Car Was Developed in 3 Months [online]”, (12.06.2016),
<http://www.forbes.com/sites/stevedenning/2012/05/10/wikispeed-how-a-100-mpg-car-was-developed-in-3-months/>, (2012).

Dickson, G.W., “An Analysis of vendor selection systems and decisions”, *Journal of Purchasing*, 2, 5-17, (1966).

Elkington, J., *Cannibals with forks – The triple bottom line of 21st century business*, Oxford: Capstone Publishing Ltd, (1997).

Eroğlu, Ö., “Bakım/Onarım Alternatiflerinin Bulanık DEMATEL ve SMAA-2 Yöntemleriyle Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü*, Tedarik ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı, Ankara, (2014).

Ertuğrul, İ. and Özçil, A., “The performance analysis of fuzzy topsis and fuzzy dematel methods into insurance companies”, *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, (2016).

Ertuğrul, İ. and Tuş, A., “Interactive fuzzy linear programming and an application sample at a textile firm”, *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 6, 29-49, (2007).

Falatoonitoosi, E., Leman, Z., Sorooshian, S. and Salimi, M., “Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory” *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 5 (13), 3476-3480, (2013).

Farris, J. A., “An Empirical Investigation of Kaizen Event Effectiveness: Outcomes and Critical Success Factors”, Doctor of Philosophy, *Virginia Polytechnic Institute and State University*, Industrial and Systems Engineering, Blacksburg, Virginia, (2006).

Foerstl, K., Reuter, C., Hartmann, E., and Blome, C. “Managing supplier sustainability risks in a dynamically changing environment-Sustainable supplier management in the chemical industry”, *Journal of Purchasing and Supply Management*, 16 (2), 118–130, (2010).

Frey, C., “Kaizen blitz team based radical innovation [online]”, (11.06.2016), <http://www.innovationmanagement.se/imtool-articles/kaizen-blitz-teambased-radical-innovation/>, (2013).

Frostenson, M., and Prenekert, F., “Sustainable supply chain management when focal firms are complex: A network perspective”, *Journal of Cleaner Production*, 107, 85–94, (2015).

Gabus, A. and Fontela, E., “World Problems an Invitation to Further Thought within the Framework of DEMATEL”, Battelle Geneva Research Centre, Switzerland, (1972).

Gabus, A. and Fontela, E., “Perceptions of the World Problematique: Communication Procedure, Communicating with those Bearing Collective Responsibility”, Battelle Geneva Research Centre, Switzerland, (1973).

Ghadimi, P., and Heavey, C., “Sustainable supplier selection in medical device industry: Toward sustainable manufacturing”, *Procedia CIRP*, 15, 165–170, (2014).

Ghodsypour, S. H. and O'Brien, C., "A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming", *International Journal of Production Economics*, 56-57, 199-212, (1998).

Giannakis, M., and Papadopoulos, T., "Supply chain sustainability: A risk management approach", *International Journal of Production Economics*, 171, 455–470, (2016).

Gloger, B., *Scrum: Produkte zuverlässig und schnell entwickeln*, München: Hanser Verlag, (2011).

Govindan, K., Jafarian, A., and Nourbakhsh, V., "Bi-objective integrating sustainable order allocation and sustainable supply chain network strategic design with stochastic demand using a novel robust hybrid multi-objective metaheuristic", *Computers and Operations Research*, 62, 112–130, (2015).

Güner, H., "Bulanık AHP ve bir işletme için tedarikçi seçimi problemine uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2005).

Güner Gören H. and Kulak O. "A new fuzzy multi-criteria decision making approach: extended hierarchical fuzzy axiomatic design approach with risk factors", (Eds.: F. Dargam, J. Hernandez, P. Zaraté, S. Liu, R. Ribeiro, B. Delibasic), *Impact of Decision Support Systems for Global Environments*, New York: Springer LNBIP, 184, 141-156, (2014).

Hagel, J. and Brown, J. S., "How companies ought to train their staffers [online]", (01.06.2016), <http://fortune.com/2012/06/18/how-companies-ought-to-train-their-staffers/>, (2012).

Halverson, M., "Wikispeed's 100 Mile per Gallon Car [online]", (01.06.2016), <http://www.seattlemet.com/articles/2011/12/23/wikispeeds-100-mpg-car-january-20112011>, (2011).

Hedin, G., Bendix, L. and Magnusson, B., "Teaching extreme programming to large groups of students", *Journal of Systems and Software*, 74 (2), 133-146, (2005).

Ho, W., Xu, X. and Dey, P. K. "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review", *European Journal of Operational Research*, 202, 16-24, (2009).

Hun, Ş., “Sürdürülebilir mühendislik proje yönetimi için gerekli stratejik karar destek sistemi (Pro-Sur)”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, (2015).

Imai, M., *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*, New York: McGraw-Hill. (1986).

Jairaj, P. G. and Vedula, S., “Multireservoir system optimization using fuzzy mathematical programming”, *Water Resources Management*, 14 (6), 457-472, (2000).

Justice, J., “Xtreme Manufacturing [online]”, (01.06.2016), http://wikispeed.org/category/news_learning/xtreme_manufacturing/, (2014).

Kannan, D., Khodaverdi, R., Olfat, L., Jafarian, A., and Diabat, A., “Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multiobjective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain”, *Journal of Cleaner Production*, 47, 355–367, (2013).

Kılıç, H. S., “An integrated approach for supplier selection in multi-item/multi-supplier environment”, *Applied Mathematical Modelling*, 37, 7752-7763, (2013).

Kılıç, M., “Multi-criteria sustainability assessment of environmentally conscious manufacturing companies - A case study in beverage industry”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, (2014).

Köse, E., Aplak, H. S. ve Kabak, M., “Personel seçimi için gri sistem teori tabanlı bütünleşik bir yaklaşım” *Ege Akademik Bakış*, 13 (4), 461-471, (2013).

Krohling, R. A. and Campanharo V. C., “Fuzzy TOPSIS for group decision making: A case study for accidents with oil spill in the sea”, *Expert Systems with Applications*, 38, 4190–4197, (2011).

Kulak, O. and Kahraman, C., “Fuzzy multi-attribute selection among transportation companies using axiomatic design and analytic hierarchy process”, *Information Sciences*, 170, 191-210, (2005).

Kundakçı, N., “Personnel Selection with Grey Relational Analysis”, *Management Science Letters*, 6, 351-360, (2016).

Kuo, M. S. ve Liang, G. S., “Combining VIKOR with GRA techniques to evaluate service quality of airports under fuzzy environment”, *Expert Systems with Applications*, 38, 1304-1312, (2011).

Kupp, M., Dahlander, L. and Morrow, E., “Team Wikispeed: Developing Hardware the Software Way”, *Harward Business Review*, (2013).

Kuş, H. T., “Sustainable supply chain management application to Turkish construction industry”, Yüksek Lisans Tezi, *Fatih Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2012).

Leenders, M. R. and Fearon, H. E., *Purchasing and Supply Management (11th Edition)*, New York: McGraw Hill Co., (2000).

Li R. J., “Fuzzy Method in Group decision making”, *Computers & Mathematics with Applications*, 38 (1), 91-101, (1999).

Liu S, Jefffrey F. and Yingjie Y. “A brief Introduction to Grey Systems Theory”, *Grey Systems: Theory and Application*, 2 (2), 89-104. (2012).

Liu S and Lin Y. *Grey Information: Theory and Practical Applications*, London: Springer-Verlag, (2006).

Mani, V., Agrawal, R., and Sharma, V., “Supplier selection using social sustainability: AHP based approach in India”, *International Strategic Management Review*, 2 (2), 98–112, (2014).

Molamohamadi, Z., Ismail, N., Leman, Z., and Zulkifli, N., “Supplier Selection in a Sustainable Supply Chain”, *Journal of Advanced Management Science*, 1 (3), 278–281, (2013).

Nemli, E., “Çevreye Duyarlı Yönetim Anlayışı”, *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 23-24, 211-224, (2001),

Opricovic S. and Tzeng G. H., “Defuzzification within a Multicriteria Decision Model”, *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 11 (5), 635 – 652, (2003).

Organ, A., “Bulanık DEMATEL yöntemiyle makine seçimini etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi”, *Çanakkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22 (1), 157-172, (2013).

Orji, I. J., and Wei, S., “An innovative integration of fuzzy-logic and systems dynamics in sustainable supplier selection: A case on manufacturing industry”, *Computers & Industrial Engineering*, 88, 1–12, (2015).

Öz, E. ve Baykoç, Ö. F., “Tedarikçi seçimi problemine karar teorisi destekli uzman sistem yaklaşımı”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19 (3), 275-286, (2004).

Power, M.J., Desouza K.C. and Bonifazi C., *Outsourcing Handbook: How to Implement a Successful Outsourcing Process*, London: Kogan Page, (2006).

Ribeiro, R. A. and Pires, F. M., “Fuzzy linear programming via simulated annealing”, *Kybernetika*, 35 (1), 57-67, (1999).

Sarkis, J., and Dhavale, D. G., “Supplier selection for sustainable operations: A triple-bottom-line approach using a Bayesian framework”, *International Journal of Production Economics*, 166, 177–191, (2015).

Schwaber, K., “Scrum Development Process” *OOPSLA 95 Workshop on Business Object Design and Implementation*, Austin, TX, USA, (1995).

Schwaber, K., Beedle, M., *Agile Software Development with Scrum*, Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, (2002).

Shaw, K., Shankar, R., Yadav, S. S., and Thakur, L. S., “Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain”, *Expert Systems with Applications*, 39 (9), 8182–8192, (2012).

Shieh, J. I., Wu, H. H. and Huang, K. K. “A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality.”, *Knowledge-Based Systems*, 23 (3), 277-282, (2010).

Shrivastava, P., *The greening of business Business and the environment implications of the new environmentalism*, (Ed: Smith, D.), London: Paul Chapman Publishing, (1993).

Stevens, P., “Extreme Manufacturing Explained [online]”, (01.06.2016), <http://www.scrum-breakfast.com/search/label/xm>, (2014).

Su, C.-M., Horng, D.-J., Tseng, M.-L., Chiu, A. S. F., Wu, K.-J., and Chen, H.-P., “Improving sustainable supply chain management using a novel hierarchical grey-DEMATEL approach”, *Journal of Cleaner Production*, (2015).

Sutherland J., Schwaber K., “The Scrum Guide [online]”, (01.06.2016), <http://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v1/scrum-guide-us.pdf>, (2013).

Taskin Gumus, A., Yayla, A. Y., Çelik, E. and Yildiz, A., “A Combined Fuzzy-AHP and Fuzzy-GRA Methodology for Hydrogen Energy Storage Method Selection in Turkey”, *Energies*, 6, 3017-3032, (2013).

Tincq, B., “From Henry Ford to Joe Justice: WikiSpeed, Manufacturing in the Age of Open Collaboration [online]”, (10.06.2016), <http://opensourceecology.org/w/images/5/54/Extrememanufacturing.pdf>, (2012).

Topoyan, M., “Tedarik zinciri yönetimi - Tedarikçi seçme kararları [online]”, (03.06.2016), <http://kisi.deu.edu.tr/mert.topoyan/dosyalar/tzy6.pdf>, (2015).

Trapp, A. C., and Sarkis, J., “Identifying Robust portfolios of suppliers: A sustainability selection and development perspective”, *Journal of Cleaner Production*, 112, 2088–2100, (2016).

Tsai, W. H. and Chou, W.C., “Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP”, *Expert Systems with Applications*, 36 (2), 1444–1458, (2009).

Tzeng, G.H. and Huang J.J., *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Boca Raton, FL, USA, CRC Press, (2011).

Ünalın, H., “Implementation of kaizen blitz approach in an electronics firm”, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, (2009).

Uyanık, E. E., “Çok Kriterli Karar Alma Yöntemlerinin Tedarikçi Seçimi Problemine Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, *Galatasaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2005).

Waters, D., *Logistics-An Introduction to Supply Chain Management*, New York: Palgrave MacMillan, (2003).

Wen K. L., *Grey Systems: Modelling and Prediction*, Tucson: Yang’s Scientific Press, (2004).

Yalçınkaya, A., Durmaz, V. ve Adiller, L., “Sürdürülebilir kalkınma ve kurumsal sürdürülebilirlik için yeni ölçümleme: Üçlü performans”, *Uluslararası bilgi, ekonomi ve yönetim kongresi*, Saraybosna-Bosna Hersek, 3320-3332, (2011).

Yıldırım, B. F. ve Önder, E., *Çok kriterli karar verme yöntemleri*, Ankara:Dora Yayıncılık, (2015).

Yousefi, S., Shabanpour, H., Fisher, R., and Saen, R. F., “Evaluating and ranking sustainable suppliers by robust dynamic data envelopment analysis”, *Measurement*, 83, 72–85, (2016).

Zhang, S. F. and Liu, S. Y., “A GRA-based intuitionistic fuzzy multi-criteria group decision making method for personnel selection”, *Expert Systems with Applications*, 38 (9), 11401–11405, (2011)

Zimmer, K., Fröhling, M., and Schultmann, F., “Sustainable supplier management – a review of models supporting sustainable supplier selection, monitoring and development”, *International Journal of Production Research*, 54 (5), 1412-1442, (2015).

Zimmermann, H. J., *Fuzzy set theory and its applications (4th edition)*, New York: Springer Science and Business Media, (2001).

EKLER

EK B

Tablo 5.2: CFCS metoduna göre durulaştırma tablosu (tamamı)

	Bulanık değerler			Normalizasyon						Sağ ve sol normalize değerler		Toplam normalize değerler	Nihai duru değerler
	l	m	u	$min\ l$	$max\ u$	Δ	$x\ l$	$x\ m$	$x\ u$	$x\ ls$	$x\ rs$	x	z
K_1	1,0237	1,049815	1,111237	0	1,143736	1,143736	0,895049	0,917882	0,971585	0,897392	0,922067	0,919596	1,051776
K_2	0,145912	0,151099	0,210044	0	1,143736	1,143736	0,127575	0,13211	0,183647	0,131514	0,174646	0,138735	0,158676
K_3	0,02405	0,028179	0,107631	0	1,143736	1,143736	0,021027	0,024638	0,094105	0,024549	0,087992	0,029799	0,034082
K_4	0,072919	0,107108	0,176287	0	1,143736	1,143736	0,063755	0,093647	0,154132	0,090929	0,145341	0,09843	0,112577
K_5	0,028487	0,041529	0,117108	0	1,143736	1,143736	0,024907	0,03631	0,102391	0,0359	0,096044	0,041349	0,047292
K_6	0,117531	0,132544	0,186673	0	1,143736	1,143736	0,10276	0,115887	0,163213	0,114385	0,155838	0,120588	0,137921
K_7	0,178762	0,188714	0,244192	0	1,143736	1,143736	0,156296	0,164998	0,213504	0,163575	0,203627	0,171416	0,196055
K_8	0,011514	0,01382	0,083594	0	1,143736	1,143736	0,010067	0,012084	0,073089	0,012059	0,068886	0,015763	0,018029
K_9	0,010786	0,068986	0,135403	0	1,143736	1,143736	0,00943	0,060316	0,118387	0,057396	0,111889	0,063178	0,072259
K_{10}	0,003838	0,064424	0,130799	0	1,143736	1,143736	0,003356	0,056328	0,114361	0,053494	0,108089	0,059089	0,067583
K_{11}	0,03601	0,087242	0,157222	0	1,143736	1,143736	0,031485	0,076278	0,137464	0,073008	0,129538	0,079939	0,091429
K_{12}	0,131396	0,14726	0,202925	0	1,143736	1,143736	0,114884	0,128753	0,177423	0,126992	0,169189	0,133842	0,15308
K_{13}	0,132011	0,145979	0,202585	0	1,143736	1,143736	0,115421	0,127634	0,177126	0,126094	0,168773	0,133002	0,152119
K_1	0,005325	0,026451	0,103997	0	1,143736	1,143736	0,004656	0,023127	0,090928	0,022707	0,085154	0,027712	0,031696
K_2	1,023396	1,03215	1,08805	0	1,143736	1,143736	0,894784	0,902437	0,951312	0,895583	0,906983	0,905806	1,036004
K_3	0,020167	0,022034	0,088456	0	1,143736	1,143736	0,017633	0,019265	0,077339	0,019234	0,073094	0,022969	0,026271
K_4	0,063518	0,088398	0,148177	0	1,143736	1,143736	0,055536	0,077289	0,129555	0,075643	0,12312	0,081224	0,092898
K_5	0,019886	0,026408	0,092941	0	1,143736	1,143736	0,017387	0,023089	0,081261	0,022958	0,076794	0,026881	0,030745
K_6	0,008554	0,023293	0,095082	0	1,143736	1,143736	0,007479	0,020366	0,083133	0,020107	0,078223	0,024403	0,02791
K_7	0,141035	0,145488	0,202233	0	1,143736	1,143736	0,12331	0,127204	0,176818	0,126711	0,16846	0,133462	0,152645

K ₈	0,010029	0,011406	0,068761	0	1,143736	1,143736	0,008769	0,009973	0,06012	0,009961	0,057249	0,012546	0,014349
K ₉	0,009393	0,053032	0,11114	0	1,143736	1,143736	0,008213	0,046367	0,097173	0,044663	0,092474	0,048883	0,055909
K ₁₀	0,003343	0,049334	0,107277	0	1,143736	1,143736	0,002923	0,043134	0,093795	0,041466	0,089272	0,045539	0,052085
K ₁₁	0,021501	0,034836	0,106244	0	1,143736	1,143736	0,018799	0,030458	0,092892	0,030107	0,087433	0,034847	0,039856
K ₁₂	0,020888	0,064453	0,129848	0	1,143736	1,143736	0,018263	0,056353	0,11353	0,054285	0,10739	0,059701	0,068282
K ₁₃	0,114954	0,118334	0,169985	0	1,143736	1,143736	0,100508	0,103463	0,148622	0,103158	0,142201	0,108501	0,124097
K ₁	0,001229	0,047788	0,111184	0	1,143736	1,143736	0,001075	0,041782	0,097785	0,040148	0,092599	0,044763	0,051197
K ₂	0,007192	0,021139	0,096446	0	1,143736	1,143736	0,006288	0,018482	0,084325	0,01826	0,079116	0,022798	0,026075
K ₃	1,007127	1,01329	1,053191	0	1,143736	1,143736	0,880559	0,885947	0,920834	0,881199	0,889792	0,88878	1,01653
K ₄	0,0041	0,046486	0,111691	0	1,143736	1,143736	0,003585	0,040644	0,097655	0,039192	0,092388	0,043858	0,050162
K ₅	0,006564	0,014682	0,079018	0	1,143736	1,143736	0,005739	0,012837	0,069088	0,012747	0,065408	0,016019	0,018321
K ₆	0,000938	0,014582	0,082406	0	1,143736	1,143736	0,00082	0,01275	0,072049	0,012599	0,068016	0,016171	0,018495
K ₇	0,170065	0,158535	0,182803	0	1,143736	1,143736	0,148693	0,138612	0,15983	0,140023	0,156509	0,142562	0,163053
K ₈	0,000647	0,005998	0,059949	0	1,143736	1,143736	0,000566	0,005244	0,052415	0,00522	0,050054	0,007368	0,008427
K ₉	0,003102	0,012328	0,076293	0	1,143736	1,143736	0,002712	0,010779	0,066705	0,010692	0,063172	0,013842	0,015832
K ₁₀	0,000216	0,009867	0,073231	0	1,143736	1,143736	0,000189	0,008627	0,064028	0,008554	0,060667	0,011559	0,013221
K ₁₁	0,006952	0,017758	0,088805	0	1,143736	1,143736	0,006078	0,015526	0,077644	0,015381	0,073103	0,01937	0,022154
K ₁₂	0,006842	0,020532	0,092303	0	1,143736	1,143736	0,005983	0,017951	0,080703	0,017739	0,075938	0,021916	0,025066
K ₁₃	0,054841	0,078765	0,134739	0	1,143736	1,143736	0,047949	0,068867	0,117806	0,067456	0,11231	0,072277	0,082666
K ₁	0,054453	0,114464	0,191128	0	1,143736	1,143736	0,04761	0,100079	0,167108	0,09509	0,156611	0,104166	0,119139
K ₂	0,171253	0,179112	0,24212	0	1,143736	1,143736	0,149731	0,156602	0,211692	0,155534	0,200639	0,164193	0,187793
K ₃	0,112339	0,119523	0,178108	0	1,143736	1,143736	0,098221	0,104502	0,155725	0,10385	0,148137	0,110132	0,125962
K ₄	1,051047	1,079517	1,143736	0	1,143736	1,143736	0,918959	0,943852	1	0,920927	0,946837	0,94484	1,080647
K ₅	0,128385	0,142865	0,203672	0	1,143736	1,143736	0,112251	0,124911	0,178076	0,123349	0,169086	0,130744	0,149537
K ₆	0,126877	0,14676	0,211085	0	1,143736	1,143736	0,110932	0,128316	0,184557	0,126124	0,17473	0,134223	0,153516
K ₇	0,217174	0,23239	0,285559	0	1,143736	1,143736	0,189881	0,203185	0,249672	0,200518	0,238581	0,209266	0,239345
K ₈	0,165955	0,139293	0,164314	0	1,143736	1,143736	0,145099	0,121787	0,143664	0,124694	0,140588	0,126894	0,145133
K ₉	0,060591	0,106534	0,177082	0	1,143736	1,143736	0,052976	0,093145	0,154828	0,089548	0,145833	0,097319	0,111307

K_{10}	0,055318	0,102184	0,172287	0	1,143736	1,143736	0,048366	0,089342	0,150635	0,085825	0,141936	0,093366	0,106787
K_{11}	0,144353	0,158585	0,224355	0	1,143736	1,143736	0,126211	0,138655	0,196159	0,136951	0,185493	0,145538	0,166457
K_{12}	0,13686	0,16403	0,229841	0	1,143736	1,143736	0,119661	0,143416	0,200957	0,140088	0,190023	0,149126	0,17056
K_{13}	0,100184	0,139185	0,210987	0	1,143736	1,143736	0,087594	0,121694	0,184472	0,117681	0,173575	0,126869	0,145105
K_1	0,117428	0,136908	0,192929	0	1,143736	1,143736	0,102671	0,119703	0,168683	0,117698	0,160806	0,124344	0,142216
K_2	0,143106	0,148856	0,204357	0	1,143736	1,143736	0,125121	0,130149	0,178675	0,129498	0,170406	0,136195	0,155771
K_3	0,176094	0,153517	0,170182	0	1,143736	1,143736	0,153964	0,134224	0,148794	0,136927	0,146658	0,13834	0,158225
K_4	0,126222	0,139093	0,194198	0	1,143736	1,143736	0,11036	0,121613	0,169793	0,12026	0,161988	0,126749	0,144967
K_5	1,022591	1,033913	1,086136	0	1,143736	1,143736	0,89408	0,903978	0,949638	0,895118	0,908171	0,90682	1,037163
K_6	0,02733	0,071398	0,139275	0	1,143736	1,143736	0,023896	0,062425	0,121772	0,060109	0,11495	0,066085	0,075584
K_7	0,137124	0,160245	0,216483	0	1,143736	1,143736	0,119891	0,140106	0,189277	0,13733	0,180406	0,14478	0,165591
K_8	0,01993	0,017948	0,082224	0	1,143736	1,143736	0,017425	0,015692	0,071891	0,015719	0,068066	0,019105	0,021851
K_9	0,009064	0,032408	0,106872	0	1,143736	1,143736	0,007925	0,028335	0,093441	0,027769	0,087729	0,032731	0,037436
K_{10}	0,006643	0,02956	0,103301	0	1,143736	1,143736	0,005808	0,025845	0,090319	0,025338	0,084849	0,030103	0,03443
K_{11}	0,025334	0,043687	0,124569	0	1,143736	1,143736	0,02215	0,038197	0,108914	0,037594	0,101721	0,043724	0,050008
K_{12}	0,084787	0,113792	0,175424	0	1,143736	1,143736	0,074132	0,099491	0,153378	0,097031	0,145535	0,103763	0,118678
K_{13}	0,046003	0,091132	0,157095	0	1,143736	1,143736	0,040221	0,079679	0,137352	0,076654	0,129863	0,083215	0,095176
K_1	0,108749	0,127267	0,182811	0	1,143736	1,143736	0,095082	0,111273	0,159837	0,1095	0,152434	0,115775	0,132416
K_2	0,124186	0,133073	0,190833	0	1,143736	1,143736	0,108579	0,116349	0,16685	0,115452	0,158829	0,122055	0,139599
K_3	0,00542	0,017377	0,093588	0	1,143736	1,143736	0,004739	0,015193	0,081827	0,015036	0,076715	0,019493	0,022294
K_4	0,014835	0,03863	0,119447	0	1,143736	1,143736	0,01297	0,033776	0,104436	0,033087	0,097544	0,038994	0,044599
K_5	0,005799	0,052459	0,120146	0	1,143736	1,143736	0,00507	0,045866	0,105047	0,044068	0,099177	0,049249	0,056327
K_6	1,016186	1,032235	1,084552	0	1,143736	1,143736	0,888479	0,902512	0,948254	0,890022	0,906776	0,904964	1,03504
K_7	0,196152	0,193669	0,221865	0	1,143736	1,143736	0,171501	0,16933	0,193983	0,169698	0,189316	0,173341	0,198256
K_8	0,002342	0,004985	0,072752	0	1,143736	1,143736	0,002048	0,004358	0,063609	0,004348	0,060051	0,007517	0,008597
K_9	0,002457	0,056345	0,120379	0	1,143736	1,143736	0,002149	0,049264	0,105251	0,047048	0,099671	0,05203	0,059509
K_{10}	0,000781	0,053932	0,117071	0	1,143736	1,143736	0,000683	0,047155	0,102358	0,045061	0,097003	0,04985	0,057016
K_{11}	0,059582	0,095551	0,158095	0	1,143736	1,143736	0,052094	0,083543	0,138226	0,080996	0,13106	0,087245	0,099785

K ₁₂	0,016797	0,072959	0,142909	0	1,143736	1,143736	0,014686	0,06379	0,124949	0,060805	0,117748	0,067148	0,0768
K ₁₃	0,031857	0,077216	0,145565	0	1,143736	1,143736	0,027854	0,067512	0,127271	0,064937	0,120095	0,071214	0,081451
K ₁	0	0,033865	0,093004	0	1,143736	1,143736	0	0,029609	0,081316	0,028758	0,077318	0,032338	0,036987
K ₂	0	0,004874	0,075336	0	1,143736	1,143736	0	0,004262	0,065868	0,004244	0,062046	0,007634	0,008731
K ₃	0	0,000909	0,059567	0	1,143736	1,143736	0	0,000795	0,052081	0,000794	0,04954	0,003097	0,003542
K ₄	0	0,003455	0,071203	0	1,143736	1,143736	0	0,003021	0,062254	0,003012	0,058773	0,006116	0,006995
K ₅	0	0,00134	0,06118	0	1,143736	1,143736	0	0,001171	0,053491	0,00117	0,050832	0,003575	0,004089
K ₆	0	0,004276	0,065736	0	1,143736	1,143736	0	0,003738	0,057475	0,003724	0,054544	0,006362	0,007277
K ₇	1	1,006088	1,066324	0	1,143736	1,143736	0,874327	0,87965	0,932316	0,874993	0,885671	0,88435	1,011464
K ₈	0	0,000446	0,048529	0	1,143736	1,143736	0	0,00039	0,04243	0,00039	0,040719	0,001968	0,002251
K ₉	0	0,002225	0,060321	0	1,143736	1,143736	0	0,001946	0,052741	0,001942	0,050191	0,004252	0,004863
K ₁₀	0	0,002078	0,05868	0	1,143736	1,143736	0	0,001817	0,051305	0,001814	0,048886	0,004011	0,004588
K ₁₁	0	0,002814	0,069074	0	1,143736	1,143736	0	0,002461	0,060393	0,002455	0,057086	0,005412	0,00619
K ₁₂	0	0,00475	0,071961	0	1,143736	1,143736	0	0,004153	0,062917	0,004136	0,059425	0,00725	0,008292
K ₁₃	0	0,004709	0,072236	0	1,143736	1,143736	0	0,004117	0,063158	0,0041	0,059637	0,007238	0,008278
K ₁	0,114244	0,127999	0,181895	0	1,143736	1,143736	0,099887	0,111913	0,159036	0,110583	0,151879	0,116607	0,133367
K ₂	0,142247	0,139685	0,192893	0	1,143736	1,143736	0,124371	0,122131	0,168652	0,122405	0,161155	0,128417	0,146875
K ₃	0,1755	0,152184	0,163377	0	1,143736	1,143736	0,153444	0,133059	0,142845	0,135828	0,141461	0,13662	0,156257
K ₄	0,125646	0,134097	0,185156	0	1,143736	1,143736	0,109855	0,117245	0,161887	0,116385	0,154969	0,122142	0,139698
K ₅	0,019643	0,055733	0,120938	0	1,143736	1,143736	0,017174	0,048729	0,105739	0,047238	0,100036	0,052255	0,059766
K ₆	0,026776	0,033744	0,107825	0	1,143736	1,143736	0,023411	0,029503	0,094274	0,029325	0,088539	0,034275	0,039201
K ₇	0,136007	0,145366	0,202354	0	1,143736	1,143736	0,118915	0,127097	0,176924	0,126066	0,168527	0,13293	0,152037
K ₈	1,019839	1,017303	1,053774	0	1,143736	1,143736	0,891673	0,889456	0,921344	0,891432	0,892872	0,892716	1,021031
K ₉	0,008992	0,024898	0,097341	0	1,143736	1,143736	0,007862	0,021769	0,085108	0,02147	0,080039	0,025898	0,029621
K ₁₀	0,006613	0,023258	0,094508	0	1,143736	1,143736	0,005782	0,020335	0,082631	0,020044	0,077786	0,02429	0,027781
K ₁₁	0,022346	0,031043	0,111757	0	1,143736	1,143736	0,019538	0,027142	0,097712	0,026937	0,091271	0,032454	0,037119
K ₁₂	0,031517	0,042989	0,12036	0	1,143736	1,143736	0,027556	0,037586	0,105234	0,037213	0,098566	0,042911	0,049078
K ₁₃	0,045201	0,052455	0,124651	0	1,143736	1,143736	0,039521	0,045863	0,108986	0,045574	0,102515	0,051097	0,058441

K_1	0,004045	0,024748	0,100317	0	1,143736	1,143736	0,003537	0,021638	0,08771	0,021253	0,082274	0,025985	0,02972
K_2	0,003061	0,022317	0,103176	0	1,143736	1,143736	0,002676	0,019512	0,090209	0,019189	0,084253	0,024336	0,027834
K_3	0,002125	0,012529	0,081147	0	1,143736	1,143736	0,001858	0,010954	0,070949	0,010856	0,066933	0,01441	0,016481
K_4	0,001522	0,052373	0,120708	0	1,143736	1,143736	0,001331	0,045792	0,105538	0,043842	0,099588	0,049101	0,056158
K_5	0,004363	0,021084	0,08756	0	1,143736	1,143736	0,003815	0,018434	0,076556	0,018169	0,072351	0,021887	0,025033
K_6	0,006382	0,023578	0,092492	0	1,143736	1,143736	0,00558	0,020615	0,080868	0,020309	0,076272	0,024352	0,027852
K_7	0,062938	0,102719	0,171945	0	1,143736	1,143736	0,055028	0,08981	0,150336	0,086791	0,141756	0,094177	0,107714
K_8	0,00024	0,006758	0,064705	0	1,143736	1,143736	0,00021	0,005909	0,056573	0,005875	0,053845	0,00834	0,009539
K_9	1,000739	1,017555	1,060895	0	1,143736	1,143736	0,874974	0,889677	0,92757	0,876785	0,893704	0,891654	1,019818
K_{10}	8,01E-05	0,047011	0,10354	0	1,143736	1,143736	7E-05	0,041103	0,090528	0,039483	0,086264	0,043338	0,049567
K_{11}	0,110044	0,120058	0,165521	0	1,143736	1,143736	0,096214	0,10497	0,14472	0,104059	0,139187	0,108782	0,124418
K_{12}	0,054804	0,0869	0,144554	0	1,143736	1,143736	0,047917	0,075979	0,126388	0,073905	0,120322	0,079242	0,090632
K_{13}	0,012523	0,057429	0,123638	0	1,143736	1,143736	0,01095	0,050211	0,1081	0,048315	0,102185	0,053538	0,061233
K_1	0,062899	0,094704	0,155311	0	1,143736	1,143736	0,054994	0,082802	0,135793	0,080562	0,128959	0,086515	0,098951
K_2	0,02433	0,069464	0,140593	0	1,143736	1,143736	0,021272	0,060734	0,122924	0,058428	0,115727	0,0647	0,074
K_3	0,008229	0,014205	0,087929	0	1,143736	1,143736	0,007195	0,01242	0,076879	0,012356	0,072224	0,016435	0,018798
K_4	0,06041	0,090113	0,153017	0	1,143736	1,143736	0,052818	0,078788	0,133787	0,076794	0,126812	0,082835	0,094741
K_5	0,009269	0,023539	0,094856	0	1,143736	1,143736	0,008104	0,020581	0,082936	0,020327	0,078068	0,024589	0,028123
K_6	0,069261	0,094387	0,147521	0	1,143736	1,143736	0,060557	0,082525	0,128982	0,080751	0,123256	0,085776	0,098106
K_7	0,088389	0,124037	0,190035	0	1,143736	1,143736	0,077281	0,108449	0,166153	0,105171	0,157088	0,112924	0,129155
K_8	0,009538	0,011627	0,071819	0	1,143736	1,143736	0,00834	0,010166	0,062794	0,010148	0,059654	0,012962	0,014825
K_9	0,004219	0,055053	0,1155	0	1,143736	1,143736	0,003689	0,048134	0,100985	0,046086	0,095915	0,050638	0,057917
K_{10}	1,003179	1,022558	1,067426	0	1,143736	1,143736	0,877107	0,894051	0,93328	0,879155	0,89805	0,895809	1,024569
K_{11}	0,066157	0,09742	0,154345	0	1,143736	1,143736	0,057843	0,085177	0,134948	0,082911	0,12855	0,088521	0,101245
K_{12}	0,01577	0,068224	0,135593	0	1,143736	1,143736	0,013788	0,05965	0,118552	0,057034	0,111958	0,062863	0,071899
K_{13}	0,019758	0,039826	0,115239	0	1,143736	1,143736	0,017275	0,034821	0,100757	0,03422	0,094524	0,039596	0,045288
K_1	0,008182	0,068158	0,136222	0	1,143736	1,143736	0,007154	0,059593	0,119103	0,056623	0,112413	0,062564	0,071556
K_2	0,020919	0,044476	0,122436	0	1,143736	1,143736	0,01829	0,038887	0,107049	0,038102	0,100218	0,043963	0,050282

K ₃	0,01454	0,025131	0,093742	0	1,143736	1,143736	0,012712	0,021973	0,081961	0,021771	0,077323	0,025841	0,029555
K ₄	0,008981	0,063898	0,134094	0	1,143736	1,143736	0,007852	0,055867	0,117242	0,053308	0,110462	0,05928	0,067801
K ₅	0,013434	0,059832	0,120352	0	1,143736	1,143736	0,011746	0,052313	0,105227	0,050273	0,099939	0,055002	0,062908
K ₆	0,05536	0,091595	0,146669	0	1,143736	1,143736	0,048403	0,080084	0,128237	0,077625	0,122345	0,082862	0,094772
K ₇	0,087297	0,129288	0,191826	0	1,143736	1,143736	0,076326	0,11304	0,167719	0,109037	0,159024	0,116608	0,133369
K ₈	0,001418	0,008245	0,071051	0	1,143736	1,143736	0,00124	0,007209	0,062122	0,007166	0,058888	0,010062	0,011508
K ₉	0,006334	0,056429	0,116852	0	1,143736	1,143736	0,005538	0,049338	0,102167	0,047267	0,09704	0,051868	0,059324
K ₁₀	0,000473	0,052482	0,112795	0	1,143736	1,143736	0,000413	0,045886	0,098619	0,04389	0,093679	0,048333	0,055281
K ₁₁	1,017039	1,040017	1,090071	0	1,143736	1,143736	0,889225	0,909316	0,953079	0,891407	0,913118	0,91081	1,041727
K ₁₂	0,014569	0,072136	0,138275	0	1,143736	1,143736	0,012738	0,063071	0,120898	0,060048	0,114289	0,065929	0,075405
K ₁₃	0,111358	0,126323	0,178533	0	1,143736	1,143736	0,097363	0,110447	0,156096	0,109021	0,149282	0,114799	0,131299
K ₁	0,06049	0,097487	0,15733	0	1,143736	1,143736	0,052888	0,085236	0,137558	0,082565	0,130718	0,08857	0,101301
K ₂	0,016312	0,073634	0,143325	0	1,143736	1,143736	0,014262	0,06438	0,125313	0,061308	0,118116	0,067657	0,077382
K ₃	0,011299	0,023566	0,09233	0	1,143736	1,143736	0,009879	0,020605	0,080726	0,020386	0,076148	0,024408	0,027916
K ₄	0,010954	0,067516	0,135877	0	1,143736	1,143736	0,009577	0,059031	0,118801	0,056249	0,112101	0,062179	0,071116
K ₅	0,056027	0,086159	0,139793	0	1,143736	1,143736	0,048986	0,075332	0,122224	0,073398	0,11675	0,078249	0,089496
K ₆	0,010538	0,064304	0,126417	0	1,143736	1,143736	0,009214	0,056223	0,11053	0,053698	0,104836	0,058799	0,06725
K ₇	0,02122	0,096627	0,170064	0	1,143736	1,143736	0,018553	0,084484	0,148691	0,079258	0,13972	0,087225	0,099762
K ₈	0,00173	0,008712	0,071124	0	1,143736	1,143736	0,001512	0,007617	0,062186	0,007571	0,058968	0,010453	0,011956
K ₉	0,001378	0,055009	0,115962	0	1,143736	1,143736	0,001205	0,048095	0,101389	0,045941	0,096259	0,050553	0,057819
K ₁₀	0,000577	0,052758	0,112818	0	1,143736	1,143736	0,000504	0,046128	0,09864	0,044115	0,093719	0,048544	0,055522
K ₁₁	0,056757	0,096705	0,154482	0	1,143736	1,143736	0,049624	0,084552	0,135068	0,081698	0,128573	0,087455	0,100026
K ₁₂	1,012145	1,041316	1,09288	0	1,143736	1,143736	0,884946	0,910451	0,955535	0,887807	0,914314	0,911417	1,042421
K ₁₃	0,01523	0,072014	0,138316	0	1,143736	1,143736	0,013316	0,062964	0,120934	0,059986	0,114307	0,065875	0,075344
K ₁	0,023358	0,09084	0,16991	0	1,143736	1,143736	0,020423	0,079424	0,148557	0,074999	0,138951	0,083351	0,095332
K ₂	0,13664	0,152799	0,219798	0	1,143736	1,143736	0,119468	0,133596	0,192175	0,131735	0,181541	0,140348	0,160521
K ₃	0,135417	0,130326	0,184507	0	1,143736	1,143736	0,118399	0,113948	0,16132	0,114457	0,154023	0,12032	0,137614
K ₄	0,077901	0,12031	0,191832	0	1,143736	1,143736	0,068111	0,105191	0,167724	0,10143	0,157853	0,109861	0,125652

K₅	0,124724	0,132702	0,189917	0	1,143736	1,143736	0,10905	0,116025	0,16605	0,115221	0,158139	0,121729	0,139226
K₆	0,017826	0,077821	0,154247	0	1,143736	1,143736	0,015586	0,068041	0,134863	0,06465	0,126415	0,072004	0,082354
K₇	0,231242	0,234566	0,262047	0	1,143736	1,143736	0,202181	0,205087	0,229115	0,204493	0,223739	0,208718	0,238718
K₈	0,0123	0,015524	0,090565	0	1,143736	1,143736	0,010754	0,013573	0,079183	0,013535	0,074308	0,017792	0,020349
K₉	0,058941	0,098874	0,164371	0	1,143736	1,143736	0,051533	0,086448	0,143714	0,083531	0,13593	0,090299	0,103279
K₁₀	0,0041	0,065472	0,13869	0	1,143736	1,143736	0,003585	0,057244	0,121261	0,054328	0,113965	0,060742	0,069473
K₁₁	0,132082	0,146702	0,208421	0	1,143736	1,143736	0,115483	0,128266	0,182228	0,126647	0,172898	0,13429	0,153592
K₁₂	0,130007	0,153096	0,214504	0	1,143736	1,143736	0,113668	0,133856	0,187547	0,131208	0,17799	0,139162	0,159165
K₁₃	1,041973	1,068864	1,129974	0	1,143736	1,143736	0,911025	0,934537	0,987967	0,913069	0,937857	0,9357548	1,0702567

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ahmet Alp ŞENOCAK
Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul / 04.02.1989
Lisans Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi
Elektronik posta : asenocak@pau.edu.tr
İletişim Adresi : Mehmetçik Mah. 2602 Sokak. No:7/2 Denizli