



**T.C. İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**3. PARTİ LOJİSTİK FİRMALARININ YEŞİL PERFORMANSININ
BULANIK TABANLI BİR MODEL İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ceren ATASEVER

**Danışman
Doç. Dr. Berk AYVAZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İSTANBUL - 2020**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ceren ATASEVER tarafından hazırlanan “ **3. Parti Lojistik Firmalarının Yeşil Performansının Bulanık Tabanlı Bir Model İle Değerlendirilmesi**” adlı tez çalışması 07/02/2020 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **Doç. Dr. Berk AYVAZ**
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi **Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU**
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi **Doç. Dr. Nezir AYDIN**
Yıldız Teknik Üniversitesi



Onay Tarihi: 19/02/2020


Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK
Enstitü Müdürü

AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

19/02/2020

Ceren ATASEVER

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER.....	vi
ÇİZELGELER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
2.1. Literatür Taraması Sonuçları ve Literatürdeki Boşlukları Değerlendirme.....	16
3. YEŞİL TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE PERFORMANS ÖLÇÜMÜ	17
3.1. Yeşil Tedarik Zinciri ve Yönetimi.....	17
3.1.1. Tedarik zinciri.....	17
3.1.2. Yeşil tedarik zinciri.....	17
3.1.3. Yeşil tedarik zinciri yönetimi	19
3.1.4. Yeşil tedarik zinciri yönetimi faydaları	20
3.1.5. Yeşil tedarik zinciri yönetimi faaliyetleri	22
3.1.5.1. Eko- tasarım.....	22
3.1.5.2. Yeşil satın alma	23
3.1.5.3. Yeşil lojistik	23
3.1.5.4. Ters lojistik.....	24
3.1.5.5. Yeşil paketleme	25
3.1.5.6. İşbirlikleri	25
3.1.5.6.1. Tedarikçi ile işbirliği	26
3.1.5.6.2. Müşteri ile işbirliği	26
3.2. İşletmelerde Performans Ölçümü	26
3.2.1. Performans kavramı ve kapsamı	26
3.2.2. İşletmelerde performans ölçümü	27
3.2.2.1. İşletmelerde performans ölçümünün amaçları.....	28
3.2.3. Yeşil tedarik zincirinde performans yönetimi.....	28
3.2.3.1. Yeşil tedarik zinciri yönetiminde performans ölçüm yöntemleri	29
3.2.3.2. Yeşil tedarik zinciri yönetiminde performans türleri.....	30
3.2.3.2.1. Çevresel performans.....	30
3.2.3.2.2. Operasyonel performans	31
3.2.3.2.3. Ekonomik performans	31
3.2.3.2.4. Örgütsel performans.....	32
3.2.4. Tedarik zinciri yönetimindeki yeşil uygulamalar ve işletme performansı ilişkisi.....	32
4. BULANIK MANTIK VE BULANIK KARAR VERME.....	34
4.1. Bulanık Mantık Kavramı ve Tarihsel Gelişimi	34
4.2. Bulanık Küme Teoremi	35
4.3. Üyelik Fonksiyonları.....	36

4.3.1. Üçgen üyelik fonksiyonu.....	37
4.3.2. Yamuk bulanık sayılar	37
4.3.3. Gaussian bulanık sayılar	38
4.4. Bulanık Karar Verme	38
4.5. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme	40
5. METODOLOJİ	42
5.1. Bulanık TOPSİS	42
5.2. Tip-2 Bulanık Kümeler.....	45
5.3. Tip-2 İnterval Üyelik Fonksiyonları.....	46
5.4. Tip-2 İnterval Bulanık Kümeler Üzerine İşlemler.....	46
5.5. Tip-1 ve Tip-2 Bulanık Kümelerin Karşılaştırılması ve Tip-2 Bulanık Kümelerin Teze Katkısı.....	48
5.6. Tip-2 Bulanık Kümelere Dayanan TOPSİS	50
6. UYGULAMA.....	54
6.1. Yeşil Performans Değerlendirme.....	54
6.2. Yeşil Performans Değerlendirme Kullanılan Kriterler	56
6.3. Yeşil Performans Değerlendirme Tip-1 Bulanık TOPSİS Çözümü	57
6.4. Yeşil Performans Değerlendirme Tip-2 Bulanık TOPSİS Çözümü	62
6.5. Tip-1 Bulanık TOPSİS ve Tip-2 Bulanık TOPSİS Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	64
6.6. Duyarlılık Analizi.....	66
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR	71
EKLER.....	77
EK A. Kriterlerin Önem Düzeyi İçin Uzmanların Görüşleri	77
EK B. Alternatiflerin Kriterleri Karşılama Düzeyleri İçin Uzmanların Görüşleri.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	84

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

3. PARTİ LOJİSTİK FİRMALARININ YEŞİL PERFORMANSININ BULANIK TABANLI BİR MODEL İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Ceren ATASEVER

İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Berk AYVAZ

2020, 84 Sayfa

Geçmişten günümüze uluslararası iş ortamında tedarik zinciri yönetimi üzerine yoğunlaşmak, rekabet avantajı sağlamanın stratejik bir yolu olarak görülmüştür. Gelecek nesillere kaynak sağlamak amacıyla ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramı ile dünya genelinde artan çevre koruma bilinci, “çevre dostu” ve “yeşil” faaliyetleri tüm sektörler için zorunlu ve stratejik hale getirmiştir. Tedarik zincirinde tedarikçi seçim süreci ve tedarikçi değerlendirme konuları çevresel boyut ile birlikte yeşil tedarikçi seçimi ve yeşil tedarikçi değerlendirme adı altında hem akademik hem de kurumsal çerçevede büyük ilgi görmüştür. Fakat mevcut tedarikçinin performansının değerlendirmesi şirketin performansını etkiler ve tedarikçi seçimi kadar önemlidir. Bu nedenle, mevcut tedarikçinin yeşil performansını değerlendirmek, eksik yönlerini belirlemek ve gelişmesine yardımcı olmak, yeşil bir tedarikçi seçmek kadar şirket performansı için stratejik öneme sahip olacaktır. Bu nedenle bu çalışmada YTYZ 'inde yeşil performans değerlendirme amacı ile yeni bulanık tabanlı çok kriterli bir karar verme yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen model 3. Parti Lojistik (3PL) sağlayıcılarının performans değerlendirmesinde uygulanmıştır. Gerçek hayatta karar verme bir süreçtir ve belirsizlikler bu sürecin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu nedenle dilsel tercihler içeren bulanık küme teorisi kullanılarak sübjektif karar vericilerin algılarının somut bir net değere çevrilmesi amaçlanmıştır. Bu dilsel tercihler, her bir 3PL sağlayıcısına genel bir performans puanı oluşturmak için Tip-1 Bulanık TOPSİS ve ikizkenar Tip-2 Bulanık TOPSİS yaklaşımı ile birleştirilmiştir. İki yöntemin sonuçları analiz edilmiş ve tercih edilen yöntem ile kriterlerin önem düzeyindeki değişime bağlı olarak duyarlılık analizi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık küme teorisi, çok kriterli karar verme, tedarikçi değerlendirme, tip 1 bulanık TOPSİS, tip 2 bulanık TOPSİS, yeşil performans değerlendirme, yeşil tedarik zinciri yönetimi.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

EVALUATION OF GREEN PERFORMANCE OF 3rd PARTY LOGISTICS COMPANIES WITH A FUZZY BASED MODEL

Ceren ATASEVER

**İstanbul Commerce University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Industrial Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Berk AYVAZ

2020, 84 Pages

Concentrating on supply chain management in the international business environment from past to present has been seen as a strategic way to provide competitive advantage. With the concept of sustainability, which has emerged with the aim of providing resources for future generations, environmental protection awareness increasing around the world has made “environmentally friendly” and “green” activities compulsory and strategic for all sectors. The supplier selection process and supplier evaluation issues in the supply chain have received great interest both in the academic and institutional framework under the name of Green supplier selection and Green supplier evaluation along with the environmental dimension. However, evaluating the performance of the current supplier affects the performance of the company and is as important as the selection of supplier. Therefore, evaluating the green performance of the existing supplier, determining its missing aspects and help it develop will be of strategic importance for company performance as much as selecting a green supplier. Therefore, in this study, a new fuzzy based multi-criteria decision making approach has been proposed for the aim of green performance evaluation in GSCM. The proposed model was applied in the performance evaluation of 3rd Party Logistics (3PL) providers. The decision making in real life is a process and uncertainties are an integral part of this process. Therefore, it was aimed to translation the perceptions of subjective decision makers into a concrete net value by using fuzzy set theory which includes linguistic preferences. These linguistic preferences are combined with the Type-1 Fuzzy TOPSIS and the isosceles Type-2 Fuzzy TOPSIS approach to create an overall performance score for each 3PL provider. The results of the two methods were analyzed and sensitivity analysis was performed depending change in the importance level of the criteria with the preferred method.

Keywords: Fuzzy set theory, green performance evaluation, green supply chain management. multi criteria decision making, supplier evaluation, type-1 fuzzy TOPSIS, type-2 fuzzy TOPSIS.

TEŞEKKÜR

Lisans eğitimim süresince bilgi ve tecrübesi ile bana ışık olan, Yüksek Lisansa başlamam konusunda beni teşvik eden ve bu süreçte desteğini esirgemeyerek tez sürecimde adım adım yanımda olan, sadece eğitim hayatı ile kalmayıp iş ve kişisel gelişimim konusunda da öğüt ve desteklerini esirgemeyen değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Berk AYVAZ 'a ve Lisans eğitimim süresince beni faydalı bir birey olmaya yönlendiren, daha iyisi olabileceğimi hep hatırlatan ve Yüksek Lisans eğitimim süresince yanımda olamasa da desteğini esirgemeyen değerli Hocam Doç. Dr. Ali Osman KUŞAKÇI'ya saygı ve teşekkürlerimi borç bilirim.

Tez sürecimde desteklerini esirgemeyen, çalışmama veri toplamak için oluşturduğum ankete ve iletişim kuracağım kişilere kadar yardımlarını esirgemeyen Sayın Yöneticim Barbaros ABA'ya saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında mutluluğuma ortak olan ve üzüntümü paylaşan, kendi ayaklarımın üzerinde durmamı sağlayan ve önümdeki yolu açan, en iyi arkadaşım, dostum, en büyük destekçim ve biricik annem Aysel ATASEVER başta olmak üzere beni daima destekleyen babam Süleyman ATASEVER'e ve biricik kardeşim Umut ATASEVER'e sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Hayatıma sonradan dahil olarak ailemden sonraki en büyük destekçim olan, tez sürecimde beni daima motive eden ve yardımlarını esirgemeyen bu hayattaki yol arkadaşım Mustafa SOLMAZGÜL'e sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Ceren ATASEVER
İSTANBUL, 2020

ŞEKİLLER

	Sayfa
Şekil 2.1. Yıllara göre yöntemlerin tercih frekansı	15
Şekil 3.1. Kapalı döngü YZ akış şeması	19
Şekil 4.1 Üçgen bulanık sayı grafiği	37
Şekil 4.2 Yamuk bulanık sayı grafiği	38
Şekil 4.3. Karar verme süreci adımları.....	39
Şekil 5.1. Tip-2 ikizkenar yamuk üyelik fonksiyonu.....	46
Şekil 6.1. Önerilen yöntem için akış şeması	56
Şekil 6.2. Yeşil performans değerlendirme kriterleri	57
Şekil 6.3. Duyarlılık analizi sonuçları	67



ÇİZELGELER

	Sayfa
Çizelge 2.1. Literatür özeti (kullanılan yöntemler)	14
Çizelge 5.1. Kriterler için dilsel terimler ve karşılık gelen tip-1 bulanık kümeler	43
Çizelge 5.2. Alternatifler için dilsel terimler ve karşılık gelen tip-1 bulanık kümeler	43
Çizelge 5.3. Kriterler için dilsel terimler ve karşılık gelen tip-2 bulanık kümeler	50
Çizelge 5.4. Alternatifler için dilsel terimler ve karşılık gelen tip-2 bulanık kümeler	51
Çizelge 6.1. Karar vericilerin kriterlere verdiği dilsel ağırlıklar	58
Çizelge 6.2. Değerlendirme kriterlerinin tip-1 bulanık ağırlıkları	58
Çizelge 6.3. Alternatiflerin kriterleri karşılama düzeyi	59
Çizelge 6.4. Bulanık karar matrisi	60
Çizelge 6.5. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi	61
Çizelge 6.6. Pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklık	61
Çizelge 6.7. Yakınlık indeksi	61
Çizelge 6.8. Değerlendirme kriterlerinin tip-2 bulanık ağırlıkları	62
Çizelge 6.9. Alternatiflerin kriterleri karşılama düzeyi	63
Çizelge 6.10. Alternatiflerin sıralama değerleri	63
Çizelge 6.11. Pozitif ve negatif ideal çözüm	64
Çizelge 6.12. Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıkları	64
Çizelge 6.13. Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıkları	64
Çizelge 6.14. Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıkları	65
Çizelge 6.15. Yeşil performans değerlendirme için beş dilsel değişken	65
Çizelge 6.16. Farklı durumlar için kriter ağırlıkları	66
Çizelge 6.17. Farklı durumlar için C* sonuçları	67
Çizelge EK A.1. KV1'in kriterlerin önem düzeyi değerlendirmesi	77
Çizelge EK A.2. KV2'in kriterlerin önem düzeyi değerlendirmesi	78
Çizelge EK A.3. KV3'in kriterlerin önem düzeyi değerlendirmesi	78
Çizelge EK B.2. KV1'in S2 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar	80
Çizelge EK B.3. KV1'in S3 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar	80
Çizelge EK B.4. KV2'in S1 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar	81
Çizelge EK B.5. KV2'in S2 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar	81
Çizelge EK B.6. KV2'in S3 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar	82
Çizelge EK B.7. KV3'in S1 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar	82
Çizelge EK B.8. KV3'in S2 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar	83
Çizelge EK B.9. KV3'in S3 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar	83

SİMGELER VE KISALTMALAR

ANP	Analitik Ağ Süreci
AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
AR-GE	Araştırma Geliştirme
BÇKKV	Bulanık Çok Kriterli Karar Verme
CO ₂	Karbon di Oksit
CO ₂ e	CO ₂ Eşdeğeri
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇYS	Çevre Yönetim Sistemi
GİA	Gri İlişkisel Analiz
KV	Karar Verici
STK	Sivil Toplum Kuruluşları
STZ	Sürdürülebilir Tedarik Zinciri
TDK	Türk Dil Kurumu
TOPSİS	İdeal Çözüme Benzerlik ile Tercih Sırası Tekniği
T1BT	Tip-1 Bulanık TOPSİS
T2BT	Tip-2 Bulanık TOPSİS
TZ	Tedarik Zinciri
TZY	Tedarik Zinciri Yönetimi
VZA	Veri Zarflama Analizi
YTZ	Yeşil Tedarik Zinciri
YTZY	Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi
YPD	Yeşil Performans Değerlendirme
YY	Yeşil Yönetim
3PL	Üçüncü Parti Lojistik

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı ile birlikte artan talepleri karşılamak için üretim faaliyetleri artmış ve büyük ölçekli sanayileşme ve küreselleşme meydana gelmiştir. Rekabetçiliğin de etkisi ile artan üretim esnekliği ve sanayileşme sonucu oluşan atıklar; hava, su ve toprak kirliliği gibi sorunlara sebep olarak küresel ısınma, iklimlerin değişmesi, asit yağmurları ve ozon tabakasının tükenmesi gibi birçok çevresel sorunu da beraberinde getirmiştir. (Gupta vd. 2017; Boyacı ve Çolak 2018).

Dünyanın kaynakları sınırlıdır ve büyük ölçekli sanayileşme ve küreselleşme nedeniyle sürekli tükenmektedir. Bu durum Dünyanın dört bir yanındaki hükümetleri ve çevre aktivistlerini bu kaynakların makul kullanımı hakkında eleştirel düşünmeye zorlamış ve sürdürülebilirlik kavramını doğurmuştur (Gupta vd. 2017). Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin gereksinimlerinden ödün vermeden bugünün kaynaklarının kullanılması amacıyla ortaya çıkan nesiller arası bir felsefe olarak tanımlanabilir (Santos vd. 2019). Hava, su ve toprak kirliliği sonucu ortaya çıkan bu çevresel sorunlar çevresel sürdürülebilirliği tehlikeye sokarak dünyamızın geleceğini tehdit etmektedir. Ayrıca, nüfus artışı ile birlikte hızla azalmaları nedeniyle doğal kaynakları daha verimli kullanmayı bir zorunluluk ve amaç haline getirmiştir (Boyacı ve Çolak 2018).

Günümüzde, çevresel kaygılar hemen hemen tüm kuruluşları idari ve operasyonel düzeyde etkilemektedir (Govindan vd. 2015). Ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler, hükümet ve sivil toplum kuruluşları ve insanlar arasında çevre koruma bilincinin artırılması, şirketleri faaliyetlerini yürütürken çevresel bir yaklaşımla hareket etmeye zorlamaktadır (Boyacı ve Çolak 2018).

Kuruluşlar, dünya genelinde çeşitli kurum ve hükümetlerin artan farkındalığı ve üstesinden gelme endişesi nedeniyle çevre dostu süreçleri ve ürünleri birleştirmek için büyük bir baskı altındadır. Sürdürülebilirlik konularına bu ani

odaklanma, mevcut firmaları ya "kurallarını değiştirmeleri" ya da "yeni oyuncular için yol açmaları" yönünde tehdit etmektedir (Gupta vd. 2017).

Uzun yıllar boyunca tedarik zinciri yönetimi (TZY) üzerinde yoğunlaşmak, rekabetçilik anlayışı ile avantaj sağlamak için stratejik bir yol (Khodaverdi vd. 2013) olarak görülmüş ve bu yolda "Tedarikçi seçimi", stratejik olarak rekabetçi bir pozisyon sürdürme konusunda nakit akışı ve karlılık üzerindeki doğrudan etkisinden dolayı kuruluşlar için kritik bir sorun olarak kabul edilmişti (Banaeian vd. 2018).

Çevresel sorunlara farkındalığın artması ve gelecek nesiller ve dünyamız için endişelerinin artmasıyla "yeşil" ilkeler ve buna bağlı çevre performansı gibi yeni stratejiler şirketler için zorunlu ve hayati bir önem kazanmıştır (Büyüközkan ve Çifçi 2012). Çeşitli paydaşların artan çevresel kaygılarını gidermek için firmaların odaklarını iç operasyonların ötesinde tedarik zincirindeki (TZ) dış ortaklara da genişletmeleri gerekir (Laari vd. 2016).

Bir şirketin hayati öneme sahip çevresel performansı, şirket içi çevresel çabaların yanı sıra birlikte iş yürüttüğü tedarikçilerin çevre performansı ve imajı ile de ilgili olup tedarikçilerin çevresel/yeşil yetkinliklere sahip olmasını gerektirir. Bu farkındalık ve tedarikçiler üzerindeki çevresel zorunluluk TZ kavramını farklı bir boyuta taşıyıp "Yeşil Tedarik Zinciri" (YTZ) ve "Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi" (YTZY) kavramlarını doğurmuştur (Büyüközkan ve Çifçi, 2012).

YTZY, firmaların kar ve pazar payı hedeflerine ulaşırken tedarik zinciri operasyonlarının çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesini veya tercihen ortadan kaldırılmasını amaçlayan "küresel pazarda hayatta kalma" yolu olarak görülmektedir (Büyüközkan ve Çifçi 2012; Khodaverdi vd. 2013; Uygun ve Dede 2016). Dolayısıyla, çevresel ve ekonomik açıdan güçlü tedarikçilerle ortaklıklar stratejik öneme sahip olup, firmaların yeşil tedarikçi seçiminde YTZY uygulamalarını göz önünde bulundurması ve mevcut tedarikçilerinin yeşil/çevresel performanslarını değerlendirmesi ve iyileştirmesi gerekir (Khodaverdi vd. 2013).

Geçmişten günümüze literatür incelendiğinde yapılan çalışmaların bir firmaya/kuruluşa tedarikçi ve yeşil tedarikçi seçimi (Büyüközkan vd. 2008; Kannan vd. 2014; Jharkharia ve Shankar, 2007) üzerine yoğunlaştığı ve YTZY 'inde yeşil/çevresel performans değerlendirme çalışmalarının bunun aksine daha az olduğu görülmüştür. Çalışmalar yeni tedarikçi seçimi üzerine yoğunlaşmış, mevcut tedarikçiyi değerlendirme ve iyileştirme anlamında literatürde boşluk olduğu görülmüştür. Mevcut tedarikçinin performansını değerlendirerek ve eksik olduğu yönleri tespit ederek, gelişmesine katkıda bulunacak bir yaklaşım olması gerektiği düşüncesi ile bu çalışma yeşil tedarikçi seçimi çerçevesinde yer alan anahtar kriterlere bağlı yeşil/çevresel performans değerlendirme için yeni bir model önerisi sunmak amacıyla oluşturulmuştur.

YTZY bir ürünün hammaddesinden ürünün son hali ve geri dönüşümü süreçlerinin tümünü kapsayan ve bu süreçte satın alma, üretim, satış, paketleme ve ters lojistik gibi kompleks ve birden çok faktörü içeren yaşam döngüsüne sahiptir (Yiner vd. 2011). Bu nedenle çok boyutlu yaklaşımlar gerektirmekte ve YTZY performansını değerlendirirken çok kriterli karar verme (ÇKKV) teknikleri uygulanmalıdır (Uygun ve Dede, 2016). Bu nedenle mevcut tedarikçinin yeşil performansını değerlendirmek için ÇKKV yöntemlerinden yararlanılmıştır. Modelde kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve alternatiflerin kriterleri karşılama düzeyleri için anket yöntemi ile uzman karar vericilerin (KV) subjektif görüşlerinden yararlanılmıştır. Dilsel terimler kullanarak uzmanların değerlendirme yapması beklenmiş ve bu dilsel terimler her uzman için farklı anlaşılabilirliği ve değerlendirme kriterlerinin farklı anlaşılabilirliği bunun sonucunda belirsizliklere sebebiyet verebileceği için olası belirsizlikleri gidermek amacı ile bulanık küme teorisi kullanılmıştır.

Önceki çalışmalar incelendiğinde ÇKKV ile birlikte genellikle tip-1 bulanık sayılar kullanılmıştır. Tip-1 Bulanık kümeler iki boyutludur ve üyelik fonksiyonları nettir. Tip-2 Bulanık kümeler ise üç boyutludur ve üyelik fonksiyonları tip-1 bulanık kümelerden oluşur yani bulanıktır. Tip-2 bulanık kümelerdeki 3. Boyut ve üyelik fonksiyonlarının da bulanık kümelerden

oluşuyor olması daha fazla belirsizliğin giderilmesine olanak sağlamaktadır. Ayvaz ve Kuşakçı (2017) çalışmalarında tip-1 ve tip-2 bulanık kümeleri ayrı ayrı kullanarak tip-2 bulanık kümelerin daha iyi sonuç verdiğini görmüştür. Bu çalışmada hem tip-1 hem de tip-2 bulanık kümeler kullanılarak, her alternatif için genel bir performans puanı oluşturmak üzere “Tip-1 Bulanık TOPSİS (İdeal Çözüme Benzerlik ile Tercih Sırası Tekniği)” ve “Tip-2 Bulanık TOPSİS” yöntemleri kullanılmıştır. Önerilen metot lojistik sektöründe faaliyet gösteren üç adet 3.Parti Lojistik (3PL) sağlayıcısının performansını değerlendirmek üzere 11 adet ana kriter çerçevesinde uygulanmıştır. 3PL sağlayıcılarının performansını değerlendirmek üzere her sağlayıcı için 3 adet KV'nin değerlendirmesine başvurulmuştur. Aynı KV'ler kullanılan kriterlerin yeşil performans değerlendirme içerisindeki önemini belirlemek üzere de değerlendirmede bulunmuştur. Bu sayede alanında uzman KV'lerin görüşlerinden yararlanarak kriterlerin önem ağırlıkları ve alternatiflerin (3PL sağlayıcıları) performans için yeterlilikleri değerlendirilmiştir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde tedarikçi seçimi, yeşil tedarikçi seçimi ve performans değerlendirme konularını içeren çalışmalarda kullanılan yöntemler ve kriterler ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde YTYZ ve Performans ölçümü konularında temel kavramlar açıklanarak bilgi verilmiş, bölüm 4'te bulanık mantık, bulanık karar verme ve bulanık çok kriterli karar verme konularında bilgi verilmiştir. Beşinci bölüm olan metodoloji bölümünde tip-1 bulanık TOPSİS, tip-2 bulanık kümeler anlatılarak tip-1 ve tip-2 bulanık kümelerin karşılaştırılması ve tip-2 bulanık kümelerin bu teze katkısı ve neden kullanıldığı açıklanmış son olarak tip-2 bulanık TOPSİS yöntemi anlatılmıştır. Bölüm 6'da 3 adet 3PL sağlayıcısının performansını değerlendirmek üzere önerilen iki yöntem uygulanarak sonuçları değerlendirilmiş ve seçilen yöntem ile duyarlılık analizi yapılmıştır. Son bölümde ise sonuç ve öneriler aktarılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Geçmişten günümüze yapılan çalışmalar incelendiğinde tedarikçi seçimi ve (sonrasında çevreye karşı duyulan hassasiyetin artmasıyla ortaya çıkan) yeşil tedarikçi ve sürdürülebilir tedarikçi seçimi çalışmalarının firmalar için stratejik kararlar olduğu ve bu çalışmaların çok boyutlu olması sebebi ile ÇKKV yöntemleri tercih edilmiştir.

Geldermann vd. (1998), ekolojik ancak aynı zamanda teknik ve ekonomik açıdan üretim süreçlerinin bütünleşik olarak değerlendirilmesi özel yöntemler gerektirdiğini savunarak maliyet, teknik ve çevre boyutları altında çalışmalarında, bir akış planlama programı ve çok kriterli bir karar destek sistemi ile simüle edilen süreç modellerinin bir kombinasyonu olan karar destek sistemi KOSIMEUS, demir çelik endüstrisinden bir örnekle sunulmuş ve gösterilmiştir.

Jharkharia ve Shankar (2007), çalışmalarında 3.PL sağlayıcı seçimi için uygunluk, maliyet, kalite, itibar belirleyici faktörleri altında uzun süreli ilişki, operasyonel performans, finansal performans ve risk yönetimi boyutları çerçevesinde Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemini kullanmıştır. Bu çalışma sonucu firma ile 3PL sağlayıcı arasındaki uyumluluğun son seçim süreci için en önemli belirleyici olduğu görülmüştür.

Helmi vd. (2015), çalışmalarında çevresel tasarım (yeşil dizayn), operasyonel performans, tersine lojistik, düzenleyici baskı, iç çevre yönetimi, yeşil satın alma, yeşil üretim, çevresel performans, ekonomik performans, pazar payı, tedarikçiler ve müşteri ile işbirliği, rekabet baskısı, ortak yeşil taşımacılık ve soğuk hava depoları kriterleri çerçevesinde tedarikçi seçimi amacı ile bulanık ANP yöntemi kullanmışlardır.

Liu ve Wang (2009), çalışmalarında 3PL sağlayıcılarının değerlendirilmesi ve seçimi için entegre bir bulanık yaklaşım sunulmaktadır. Bu yöntem üç farklı teknikten oluşur:

1. Önemli değerlendirme kriterlerini belirlemek için bulanık Delphi yöntemini kullanma;
2. Uygun olmayan 3PL sağlayıcılarını ortadan kaldırmak için bulanık çıkarım yöntemi uygulama,
3. Son seçim için bulanık bir doğrusal atama yaklaşımı geliştirmek.

Çalışmalarında fiyat, finansal hususlar, benzer sektördeki tecrübe, konum, varlık mülkiyeti, uluslararası kapsam, büyüme tahminleri, pazar payı, lojistik ekipmanları, optimizasyon yetenekleri, lojistik bilgi sistemi, müşteri servisi, zamanında teslimat, iş gereksinimlerini karşılamak, duyarlılık, hizmet kalitesi, sürekli iyileştirme, katma değerli hizmetler, KPI (anahtar performans göstergesi) ölçümü ve raporlaması, acil durumda irtibatta olan kişilerin erişilebilirliği, kültürel uyum, genel itibar, hizmet iptali, insan kaynakları politikaları ve nitelikli yetenek kriterlerini kullanmışlardır.

Yiner vd. (2011), çalışmalarında Sürdürülebilir Tedarik Zinciri (STZ)'nin çalışması sırasındaki 6 ana faktörü: ürünün yaşam döngüsü (başlangıç, büyüme, olgunluk, düşüş), dış faktörler (çevre hukuku, kültür etiği ve çevre politikası), operasyonun yaşam döngüsü (satın alma, üretim, pazarlama, tersine lojistik ve paketlenme), çevre dostu uygulamalar (küçültme, azaltma, dönüştürme, geri dönüşüm ve atık bertarafı), performans değerlendirme (zaman, kalite, maliyet, esneklik ve çevre performansı) ve STZ'nin alternatifleri olarak belirlemiştir. Bu faktörlerin aralarındaki ilişkileri analiz ederek ANP ile birleştirmiş ve sayısal bir örnekte modeli uygulamışlardır.

Erol vd. (2011), STZ performansını ölçmek için bulanık entropi ve bulanık çok amaçlı fayda temelli çok kriterli bir çerçeve önermişlerdir. Önerdikleri modeli üç ana boyut altında: 1. Çevresel sürdürülebilirlik (su tüketimi, atık azaltma, geliştirilen ISO standartlarının sayısı, yenilenebilir enerji kullanan tesislerin oranı, tersine lojistik sistemin etkinliği, tedarikçi eğitiminin etkinliği, enerji tüketimi, ISO 14001'de sertifikalandırılmış tedarikçilerin oranı, HFC'li üniteler kullanan tesislerin oranı, Geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımı, Şirketin çalıştığı 3PL şirketinin çevre konularında etkinliği ve tedarikçi izlemenin

etkinliği.), 2. Sosyal sürdürülebilirlik ve 3. Ekonomik sürdürülebilirlik ele almışlardır.

Büyüközkan ve Çifçi (2011), Tedarikçi seçim sürecini STZ için operasyonel bir görev olarak tanımlayarak önerdikleri modelde sürdürülebilir tedarikçi değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Önerilen modelde üç farklı ana boyut belirlenmiş olup bu boyutlar: 1.Kurumsal performans boyutu (kalite, maliyet, zaman, esneklik), 2. Yeşil lojistik boyutu (tedarik, üretim, dağıtım, ters lojistik) ve 3. Yeşil organizasyonel faaliyetler boyutu (azaltmak, geri dönüşüm, yeniden üretim, yeniden kullanım, imha)'dur. Bu boyutlar altında yeşil tedarikçi değerlendirme kriterleri: organizasyon, finansal performans, hizmet kalitesi, teknoloji, sosyal sorumluluk ve çevresel yeterlilik olarak belirlenmiştir. Önerilen model bulanık ANP'dir. Model piyasadaki tedarikçi firmalar üzerinde uygulanmıştır.

Kannan vd. (2009), çalışmalarında kullanılmış ürünlerin iadesinin çevreyi korumak ve israfı azaltmak için önemli bir lojistik faaliyet olduğunu savunarak bir 3. Parti Ters Lojistik Sağlayıcısı seçmek amacıyla bulanık ÇKKV yöntemi olan Tip-1 bulanık TOPSİS yaklaşımını önermiştir. Modelde kalite, teslimat, tersine lojistik maliyeti, reddedilme oranı (iade edilen ürünün geri dönüştürülememesi) teknik/mühendislik yeteneği, gelecekteki gereksinimi karşılayamama, isteklilik ve tutum kriterlerine yer verilmiştir. Model Hindistan'da batarya üretimi yapan bir firmaya tedarikçi seçmek için uygulanmıştır.

Awasthi vd. (2010), tedarikçilerin çevresel performansını değerlendirmek için "Fayda" (ne kadar çok o kadar iyi) ve "Maliyet" (ne kadar az o kadar iyi) gibi negatif ve pozitif kategori kriterleri arasında ayırım yapabilmesi ve pozitif ideal çözüme yakın ve negatif ideal çözümden uzak olan çözümü seçmesi sebebi ile ÇKKV yöntemlerinden olan TOPSİS'i önermişlerdir. Modelde; çevre dostu teknoloji kullanma, çevre dostu malzeme kullanma, yeşil pazar payı, yeşil kuruluşlarla ortaklık, yönetim taahhüdü, çevreye bağlılık politikaları, yeşil AR-GE projeleri, personel eğitimi, yalın süreç planlama, çevre için tasarım, çevre sertifikası ve kirlilik kontrolü girişimleri kriterleri kullanılmıştır. Dilsel

değişkenler dolayısı ile bulanık küme ile birleştirilerek tip-1 bulanık TOPSİS önerilmiş ve bir sayısal çözüm sunulmuştur.

Jayant vd. (2014), çalışmalarında ters lojistik hizmeti verebilecek bir 3PL sağlayıcısı seçimi için e-atık depolama kapasitesi, nitelikli personelin kullanılabilirliği, gürültü kirliliği seviyesi ve çevre kirliliğinin etkileri, güvenli bertaraf maliyeti, kapalı bir alanın varlığı, sivil toplum kuruluşları (STK) ile çalışma olanakları, muayene / tasnif ve sökme maliyeti, cep telefonu yenileme maliyeti, mobil geri dönüşüm maliyeti kriterlerini kullanmış, AHP-TOPSİS ikili yaklaşımını önererek bir cep telefonu imalat şirketine tedarikçi seçimi çalışması ile modeli uygulamışlardır.

Büyüközkan vd. (2008), internetin inanılmaz büyümesine dikkat çekerek çalışmalarında geleneksel lojistik hizmetinden çıkıp e-lojistik sistemine geçilmesi gerektiğini vurgulamış ve bir e-lojistik ortağı seçmek amacıyla ikili ÇKKV yöntemi uygulamışlardır. Modellerinde 2 boyut altında kriterler kullanmışlardır bunlar: 1. Stratejik boyut: benzer değerler-hedefler, benzer boyut, finansal istikrar, karşılaştırılabilir kültür, başarılı sicil ve sürdürülebilir ilişki ve 2. İş mükemmelliği boyutu: teknik uzmanlık, performans, pazar bilgisi ve yönetsel tecrübedir. Özel yargılara başvurulduğu için üçgen bulanık sayılar kullanıldığı görülmektedir. İlk aşamada belirlenen ana ve alt kriterlerin ağırlıkları bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve son olarak, son ortak sıralama sonuçlarını elde etmek için bulanık TOPSİS uygulanmıştır.

Gürcan vd. (2016), çalışmalarında 3PL sağlayıcı seçimi için AHP yöntemini kullanmış ve uyumluluk, uzun vadeli ilişki, finansal performans ve itibar kriterleri altında modeli uygulamışlardır.

Chhabra vd. (2017), çalışmalarında montaj ve paketleme işlemlerinde yeşil uygulamalar için alternatifleri analiz etmek amacıyla AHP kullanımından elde edilen en iyi alternatifi seçerek Hintli bir şirketin yeşil uygulamalarının sürdürülebilir adaptasyonu için performansı artırmayı amaçlamıştır. Alternatifler üç ana kriter yani; yeşil verimlilik, emniyet faktörü ve kullanım

kolaylığı temelinde değerlendirilmiştir. Çalışma, direk ekleminin montaj işlemi için en uygun alternatif olduğunu, karbon pozitif paketleme malzemesinin paketleme için en iyi alternatif olduğunu ortaya koymuştur.

Sun (2010), performans değerlendirme için de bulanık AHP ve bulanık TOPSİS metotları ile bulanık AHP ile modelde kullanılan üretim yeteneği, tedarik zinciri yeteneği, inovasyon yeteneği, finansal yetenek, insan kaynakları yeteneği ve hizmet kalitesi yeteneği kriterlerinin ağırlıklandırıldığı ve bulanık TOPSİS ile çözümün elde edildiği bir model önermiştir.

Laari vd. (2016), çalışmalarında müşteri odaklı YTYZ uygulamaları ile imalatta çevresel ve finansal performans arasındaki doğrudan ve dolaylı ilişkileri tespit etmek amacıyla AHP yöntemi kullanmıştır. Fiyat, kalite, itibar, hizmet ve teslimat, mesafe, yeşil malzemelerin kullanımı, hava emisyon seviyesi, atık seviyesi, enerji verimliliği ve yeşil tasarım yeteneği kriterlerini kullanmış ve 119 Finlandiyalı üretici üzerine bir uygulama gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlar tedarikçilerin çevresel izlenmesi ile birlikte güçlü iç YTYZ uygulamalarına sahip üreticilerin çevre konularında iyi performans gösterebileceklerini göstermektedir.

Özceylan vd. (2016), Türkiye'deki 81 ilin lojistik performans değerlendirmesi için AHP, ANP ve TOPSİS melez yaklaşımını önermişlerdir. Modelde navlun işlemleri faktörleri, ulaştırma kabiliyeti faktörleri, ekonomik ve altyapı faktörleri olmak üzere 3 ana boyut kullanılmıştır.

Govindan vd. (2017), çalışmalarında gıda TZ'inde yeşil tedarikçileri sıralamak amacı ile PROMETHEE yöntemi kullanmış ve maliyet, kalite, teslimat, çevresel etkiler (enerji tüketimi, katı atık üretimi, hava emisyon, atık su arıtma, ÇYS, kurumsal sosyal sorumluluk) ve teknoloji yeteneği kriterlerini kullanmıştır.

Uysal (2012), çalışmasında STZ performans ölçümü için ekonomik, kaynak, çevresel ve sosyal boyutları altında ÇKKV yöntemlerinden biri olan DEMATEL'i önererek üç imalat firması üzerinde uygulamıştır.

Govindan vd. (2015), çalışmalarında YTZY uygulamalarını değerlendirmek için bulanık tabanlı DEMATEL yöntemini kullanmış ve önerilen yöntemin etkinliğini değerlendirmek için otomotiv endüstrisinden bir vaka çalışması sunulmuştur. Çalışmalarında tersine lojistik, yeşil tasarım, yeşil satın alma, karbon yönetimi, tedarikçi çevre iş birliği, müşteri çevre işbirliği, ISO 14001 sertifikası, iç yönetim desteği, çevresel performans ve ekonomik performans olmak üzere 10 kriter kullanılmıştır. Sonuçlar, "iç yönetim desteği", "yeşil satın alma" ve "ISO 14001 sertifikası" nın en önemli YTZY uygulamaları olduğunu göstermektedir.

Büyüközkan ve Çifçi (2012), çalışmalarında Ford Otosan için yeşil tedarikçi seçmek amacıyla organizasyon, finansal performans, hizmet kalitesi, teknoloji ve yeşil yeterlilik kriterlerini içeren bulanık DEMATEL, bulanık ANP ve bulanık TOPSİS'i temel alan melez bir ÇKKV yaklaşımı kullanmışlardır.

Uygun ve Dede (2016), çalışmalarında şirketlerin YTZY performansını değerlendirmek için 5 ana kriter ve 17 alt kriter kullanılmıştır. Bunlar: 1. Yeşil Dizayn; 1.1 Yönetmelikler (kurallar), 1.2 Çevresel Performanslar, 1.3 Ekonomik Performanslar 2. Yeşil Satın Alma, 2.1 Tedarikçi-Müşteri İşbirliği, 2.2 Paydaşların Uygulanması, 2.3 Kalite Düzenlemeleri (yönetmelikleri), 3. Yeşil dönüşüm, 3.1 Yeşil Üretim, 3.2 Yeşil Paketleme, 3.3 Yeşil Stok Politikaları, 4. Yeşil Lojistik, 4.1 Lojistik Ağlarının Organizasyonu, 4.2 Hizmet Kalitesi, 4.3 Teknoloji Kalitesi 5.Tersine Lojistik, 5.1 Faaliyetlerin Azaltılması, 5.2 Geri Dönüşüm, 5.3 Yeniden İmalat, 5.4 Yeniden Kullanım, 5.5 İmha'dır. Boyutlar arasındaki neden sonuç ilişkisi için bulanık DEMATEL, ağırlıkları bulmak için bulanık ANP ve son olarak bulanık TOPSİS alternatiflerin performans değerlendirmesi için kullanılmıştır.

Dobos ve Vörösmarty (2014), yeşil tedarikçi performans değerlendirmesi amacıyla çalışmalarında Ortak Ağırlıklandırma Yöntemi ve Veri Zarflama Analizi (VZA) ikili yaklaşımını kullanmış, yönetim kriterleri adı altında teslim süresi (gün) , kalite (%) ve fiyat (\$) alt kriterlerini ve yeşil kriterler adı altında ise tekrar kullanılabilirlik (%) ve CO2 emisyonu (g) kriterlerini kullanmışlardır. Kriter ağırlıkları için "Ortak Ağırlıklandırma Yöntemi" uygulanarak son aşamada VZA ile çözüm elde edilmiştir.

Dobos ve Vörösmarty (2017), yeşil tedarikçi seçimi amacıyla VZA yöntemi kullanmış, 2014'teki çalışmalarındaki yönetim kriterlerine stok maliyetlerini de ilave etmişleridir. Bu çalışmada yönetim kriterleri adı altında teslim süresi (gün), kalite (%), fiyat (\$) ve EOQ (\$) (elde tutma ve sipariş maliyetleri) alt kriterlerini ve yeşil kriterler adı altında ise tekrar kullanılabilirlik (%) ve CO2 emisyonu (g) kriterlerini kullanmışlardır.

Saen vd. (2014), çalışmalarında YTZY'inde taşımacılık hizmet sağlayıcıları için hedef belirlemek amacıyla VZA yöntemi kullanmışlardır. Amaçlanan hedefin uygulanabilmesi için girdi değişkeni olarak CO2 emisyonu, yakıt maliyeti, araba-işçilik maliyeti, işletme ağı (km), koltuk sayısı; ara değişken olarak koruyucu/önleyici bakım maliyeti, araç, çevresel maliyet ve çıktı olarak gelir, yakıt tasarrufu, yolcu değişkenlerine yer verilmiştir.

Park ve Lee (2015), Kore'de büyük lojistik hizmet sağlayıcılarının etkinlik ve verimlilik analizi çalışması için VZA yöntemi kullanmış ve çalışmalarında varlıklar (servet/kazanç), sermaye, çalışan sayısı ve toplam gelir kriterlerine yer vermişlerdir.

Rostanzadeh vd. (2015) çalışmalarında YTZY uygulamalarının değerlendirilmesi için yeşil tasarım, yeşil satın alma, yeşil üretim, yeşil depolama ana kriterleri altında bulanık VIKOR önermiş, Malezya'daki bir laptop üreticisini YTZY açısından değerlendirme çalışması ile modeli uygulamışlardır.

Khodaverdi vd. (2013), yeşil tedarikçileri değerlendirmek için çalışmalarında bulanık çok kriterli bir yaklaşım önermiş, insan algılarının sübjektif olması ve net/ somut bir değer elde etmek için bulanık küme teorisi kullanmışlardır. Çalışmalarında kirlilik üretimi, kaynak tüketimi, çevre dizaynı, yeşil imaj, çevre yönetim sistemi (ÇYS), YTZY'nin yöneticilerden taahhüt edilmesi, çevre dostu teknoloji kullanma ve çevre dostu malzeme kullanma kriterleri kullanılmış ve genel bir performans puanı oluşturmak üzere bulanık TOPSİS yaklaşımı önerilmiş ve sayısal bir örnekle model uygulanmıştır.

Gupta vd. (2017), tedarikçi değerlendirme ve sıralama problemi için işbirlikleri, çevresel yatırımlar ve ekonomik faydalar, kaynak kullanılabilirliği ve yeşil yetkinlikler, çevre yönetim girişimleri ve araştırma ve tasarım girişimleri adı altında 5 ana kriter kullanarak bulanık TOPSİS yaklaşımını önermektedir.

Kannan vd. (2014), bir Brezilya elektronik şirketine yeşil tedarikçi seçmek amacıyla Tip-1 bulanık TOPSİS yöntemini önermiştir. Çalışmalarında YTYZ'ne üst yönetimin taahhüdü, çevresel gelişim için işlevler arası işbirliği, yasal çevresel gerekliliklere ve denetim programlarına uygunluk, ISO 14001 sertifikası, çevresel hedeflere ulaşmak için tedarikçilerle birlikte çalışmak, tedarikçilerin iç çevre yönetiminin değerlendirilmesi, 2. kademe tedarikçilerin çevresel yönetiminin değerlendirilmesi, eko tasarım için müşterilerle çalışmak, üretimi daha temiz hale getirmek için müşterilerle çalışmak, çevre dostu ambalaj kullanmak için müşterilerle çalışmak, en temiz teknolojilerin şirket tarafından satın alınması, zehirli veya tehlikeli madde kullanımını engelleyen veya azaltan ürün tasarımları, aşırı stok veya malzeme satışı, hurda ve kullanılmış malzemelerin satışı ve kullanılmış ekipman satışı (yeni ekipman satın alındıktan sonra) kriterleri altında 12 tedarikçiyi değerlendirmiş ve çalışma sonucu karar vericilerin tercihlerine göre dört baskın kriter belirlenmiştir. Bunlar: YTYZ 'inde yöneticilerin taahhüdü, malzemeleri/ bileşenleri ya da enerjiyi azaltma, yeniden kullanma, geri dönüştürme veya geri alma, yasal çevresel gerekliliklere uygunluk ve zehirli veya tehlikeli madde kullanımını engelleyen veya azaltan ürün tasarımlarıdır.

Vahabzadeh vd. (2015), ters lojistiği yeşil çerçevede değerlendirmek için atık yönetimi (atıkları ve atıkların etkisini en aza indirir), yeniden üretim, yenileme, yeniden satma, tamir etme (onarım), geri dönüşüm ve bertaraf etme kriterleri altında akademisyen ve endüstri içerisindeki uzmanların görüşlerinden yararlanarak bir ikizkenar yamuk Tip-2 bulanık VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) yaklaşımı uygulamışlardır.

Sirisawat ve Kiatcharoenpol (2018), Tayland elektronik endüstrisi için tersine lojistiğin uygulanmasına engel olan şeylerin sıralanması amacıyla bulanık

ortamda iki yöntemi birleştirmiştir. İlk aşamada ağırlıkları belirlemek için bulanık AHP son sıralama için bulanık TOPSİS kullanılmıştır.

Boyacı ve Çolak (2018), çalışmalarında Otomotiv endüstrisinde yeşil performans değerlendirme amacıyla bulanık AHP yöntemini önermiş ve 5 ana kriter ve bu kriterlere bağlı alt kriterler çerçevesinde önerilen model uygulanmıştır. Kullanılan kriterler: 1.Yeşil dizayn: kaynak kullanımını en aza indirecek ürünler tasarlamak, çevre dostu ürün tasarımı, yeşil tasarım için müşterilerle işbirliği. 2.Yeşil enerji: yenilenebilir enerji kullanımı, sera gazı emisyon yoğunluğu, enerji verimliliği. 3.Yeşil materyal: düşük atık, kolay geri dönüşüm, yeniden kullanım kabiliyeti, çevre dostu ambalaj kullanılması. 4.Yeşil lojistik; tersine lojistik, lojistikte yeşil yakıt kullanımı, rotaları minimize etmek, eko verimli taşıma tipini kullanma, stok seviyelerinin azaltılması. 5.Yeşil yönetim; yöneticilerin YY (yeşil yönetim)'e desteği, YY sertifikalarına sahip olmak, yeşil Ar-Ge, yeşil tedarikçilerle çalışmaktır.

Fahimnia vd. (2018), çalışmalarında hizmet düzeyi (zamanında teslimat, satış sonrası hizmet ve tedarik kapasitesi), kalite (malzemelerin kalitesi, işgücü uzmanlığı ve operasyonel mükemmellik) , fiyat (ürün / hizmet fiyatı, sermaye ve finansal güç), yeşil ölçüt (çevresel önkoşul, planlama ve sertifikalar) kriterleri ile tedarikçi seçimi amacıyla bulanık mantık ile birleştirilmiş üç farklı yöntemi sırasıyla uygulamışlardır. Uygulanan yöntemler bulanık VİKOR, bulanık TOPSİS, bulanık Gri İlişkisel Analiz (GİA)'dir. Sonuçlar üç farklı yöntemin de aynı sıralama sonucu verdiğini göstermektedir.

L.C. Santos vd. (2019), yalın ve yeşil performans değerlendirmesi için ANP tabanlı bir yaklaşım önermiş ve çalışmalarında operasyonel performans kriterleri ana kriteri altında envanter, kar (kazanç), verimlilik, kalite, maliyet azaltma, atık azaltma kriterlerini ve çevresel performans ana kriteri adı altında: enerji tüketimi, çevresel etkiler, kalite, maliyet azaltma, atık azaltma kriterlerini kullanmışlardır. Çalışmada operasyonel ve çevresel performans eşit şekilde önemli gösterilmiştir.

Cullinane ve Rashidi (2019), çalışmalarında ekonomik, sosyal ve çevresel kriterler altında İsveç'teki bir firma için sürdürülebilir tedarikçi seçimi amacıyla bulanık TOPSİS ve bulanık VZA yöntemleri uygulanmış ve TOPSİS yöntemi daha karmaşık bunun aksine VZA daha kolay ve bu sebeple daha iyi bulunmuştur.

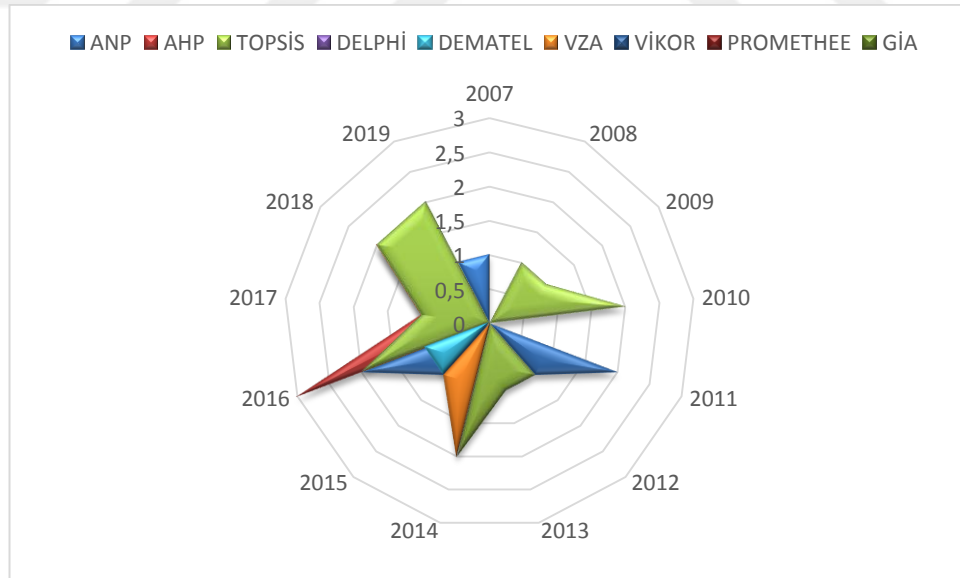
B.M. Santos vd. (2019), çalışmalarında mobilya endüstrisi için tedarikçi seçimi amacıyla kirlilik üretimi (atık), kaynak kullanımı, eko-dizayn, yeşil imaj, çevre yönetim sistemi, YTZY'inde yönetim taahhüdü ve çevre dostu malzemelerin kullanımı kriterleri arasından 32 farklı uzman görüşü ile yeşil kriter belirlemiş ve sonuçlar bulanık TOPSİS yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bulgulara göre sürdürülebilir tedarikçi seçimi için ilk üç kriter: YTZY 'inde yönetim taahhüdü, eko-dizayn ve çevre yönetim sistemidir.

İncelenen literatürde yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler Çizelge 2.1.'de ve bu literatür taramasına sonucu yıllara göre yöntemlerin tercih edilme sıklığı Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Literatür özeti (kullanılan yöntemler)

Yıl	Kaynak	Metot
2007	Jharkharia ve Shankar (2007)	ANP
2008	Büyüközkan vd. (2008)	Bulanık AHP ve Bulanık TOPSİS
2009	Liu ve Wang (2009)	Bulanık DELPHİ
2009	Kannan vd. (2009)	Bulanık TOPSİS
2010	Awasthi vd. (2010)	Bulanık TOPSİS
2010	Sun (2010)	Bulanık AHP ve Bulanık TOPSİS
2011	Yiner vd. (2011)	ANP
2011	Büyüközkan ve Çifçi (2011)	Bulanık ANP
2012	Uysal (2012)	DEMATEL
2012	Büyüközkan ve Çifçi (2012)	Bulanık Tabanlı DEMATEL, ANP ve TOPSİS
2013	Khodaverdi vd. (2013)	Bulanık TOPSİS
2014	Jayant vd. (2014)	AHP-TOPSİS
2014	Dobos ve Vörösmarty (2014)	VZA
2014	Saen vd. (2014)	VZA
2014	Kannan vd. (2014)	Bulanık TOPSİS
2015	Helmi vd. (2015)	Bulanık ANP

2015 Govindan vd. (2015)	Bulanık DEMATEL
2015 Park ve Lee (2015)	VZA
2015 Rostamzadeh vd. (2015)	Bulanık VİKOR
2015 Vahabzadeh vd. (2015)	Tip-2 Bulanık VİKOR
2016 Gürcan vd. (2016)	AHP
2016 Laari vd. (2016)	AHP
2016 Özceylan vd. (2016)	AHP, ANP, TOPSİS
2016 Uygun ve Dede (2016)	Bulanık Tabanlı DEMATEL, ANP ve TOPSİS
2017 Chhabra vd. (2017)	AHP
2017 Govindan vd. (2017)	PROMETHEE
2017 Dobos ve Vörösmarty (2017)	VZA
2017 Gupta vd. (2017)	Bulanık TOPSİS
2018 Sirisawat ve Kiatcharoenpol (2018)	Bulanık AHP ve Bulanık TOPSİS
2018 Boyacı ve Çolak (2018)	Bulanık AHP
2018 Fahimnia vd. (2018)	Bulanık Tabanlı VİKOR, TOPSİS ve Gri İlişkisel Analiz
2019 L.C. Santos vd. (2019)	ANP
2019 Cullinane ve Rashidi (2019)	Bulanık TOPSİS, Bulanık VZA
2019 B.M.Santos vd. (2019)	Bulanık TOPSİS



Şekil 2.1. Yıllara göre yöntemlerin tercih frekansı

2.1. Literatür Taraması Sonuçları ve Literatürdeki Boşlukları

Değerlendirme

Sonuçlar, Şekil 2.1.'de de gözüktüğü gibi tedarikçi seçimi ve değerlendirme çalışmalarında ÇKKV yöntemlerinin tercih edildiğini ve genellikle TOPSİS yönteminin tek veya başka bir yöntem ile entegre uygulandığını göstermektedir. Literatür taraması kapsamında yapılan incelemelerde, literatürdeki boşluklar aşağıda detaylandırılmıştır:

- Çalışmaların birçoğunda ÇKKV yöntemleri kullanılmış fakat belirsizliği yok etmesi adına bulanık kümelerden yararlanılmamıştır.
- Bulanık küme içeren çalışmaların neredeyse hepsinde Tip-1 bulanık kümelerden yararlanılmış fakat Tip-2 bulanık kümelerin Tip-1 bulanık kümelere göre belirsizlik altında daha iyi sonuç verdiği yapılan çalışmalarda görülmüştür (Ayvaz ve Kuşakçı, 2017).
- Çalışmalar genel olarak tedarikçi seçimi, yeşil tedarikçi seçimi üzerine gerçekleşmiş mevcut tedarikçi performansını yeşil çerçevede değerlendiren ve eksiklerini tespit eden çalışmaya rastlanmamıştır.

Yapılan bu çalışmada, mevcut tedarikçinin yeşil performansının değerlendirilmesine yönelik literatürde ilgili boşlukları doldurmak amacıyla bulanık tabanlı yeni bir model sunulmaktadır. Model; yeşil tedarikçi seçimi çerçevesinde belirlenen kriterlerden yararlanarak tip-1 bulanık TOPSİS ve tip-2 bulanık TOPSİS yöntemlerinin her ikisini de kullanarak en iyi sonuçları sağlayan yöntem ile mevcut tedarikçilerin performansını değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

3. YEŞİL TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE PERFORMANS ÖLÇÜMÜ

Yeşil tedarik zinciri yönetiminde performans ölçümünden bahsedebilmek için öncelikle “Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi” ve “İşletmelerde Performans Ölçümü” kavramlarını ele almak ve neden/nasıl ilişkilendirildiğini net olarak anlamak gerekmektedir.

3.1. Yeşil Tedarik Zinciri ve Yönetimi

Tedarik zinciri yönetimi (TZY) teriminin tipik tanımı şöyledir: Tedarik zinciri, bilgi akışları da dahil olmak üzere, malzeme kaynaklarından son kullanıcılara kadar, mal ve hizmetlerin dönüşümü ve akışıyla ilgili tüm faaliyetleri içerir. Yönetim, tüm bu faaliyetlerin şirkete hem iç hem de dış entegrasyonu anlamına gelir (Büyüközkan ve Çifçi, 2011). Yeşil tedarik zinciri ve yönetimi ile ilgili ana kavramlar aşağıda belirtilmiştir.

3.1.1. Tedarik zinciri

Tedarik zinciri (TZ) kavramı; araştırıp bulma, sağlama, elde etme anlamlarına gelen “tedarik” ve art arda şeylerin oluşturduğu dizi anlamına gelen “zincir” kelimelerinden oluşmaktadır (TDK, 2019).

TZ tedarikçileri, üreticileri, satıcıları, tüketicileri içeren bir sistemi ifade eder. TZ, bir ürünün hammaddesinden ürünün son hali ve geri dönüşümü süreçlerinin tümünü kapsayan ve bu süreçte satın alma, üretim, satış, paketleme ve ters lojistik gibi kompleks ve birden çok faktörü içeren yaşam döngüsüne sahiptir (Yiner vd. 2011).

3.1.2. Yeşil tedarik zinciri

Endüstriyel üretim, doğal kaynakların kullanımı, küresel çevresel etkiler, yerel çevresel etkiler, sağlık etkileri ve güvenlik riskleri gibi insan yaşamının sürdürülebilirliği üzerinde büyük bir etkiye ve hasara sahip olabilmektedir. Bu

çevre sorunları son yıllarda gittikçe daha fazla arttı ve yıllar boyunca firmalar çevresel emisyonları, tehlikeli maddeleri, zararlı atıkları kontrol eden yeşil çevre uygulamalarını takip etmek için büyük bir baskı altında kaldılar, böylece mevcut piyasa rekabetlerine ayak uydurabildiler (Büyüközkan ve Çifçi, 2012; Uygun ve Dede, 2016).

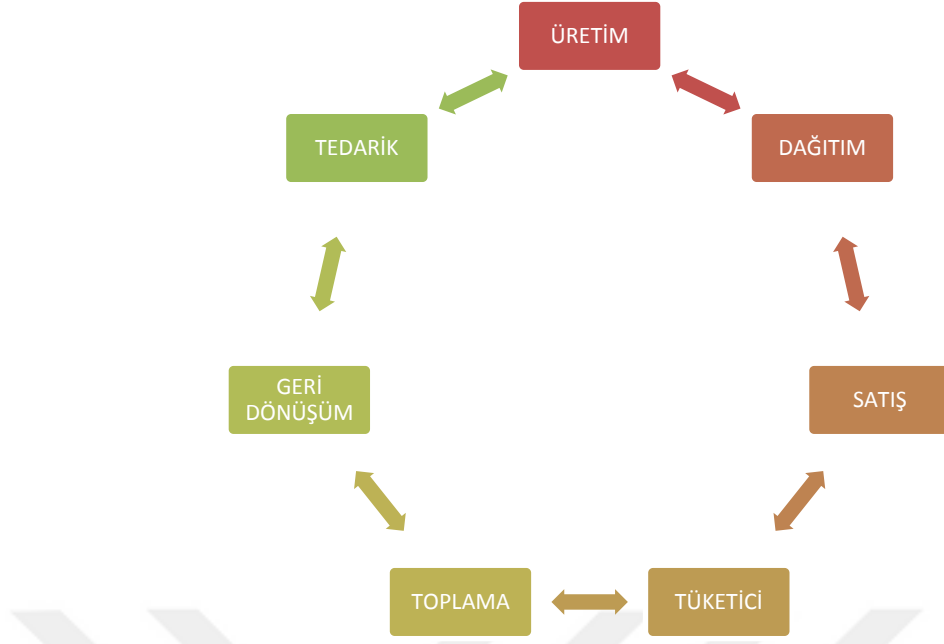
1990'lı yılların başlarında gelişen çevresel farkındalık ve düzenlemelerden dolayı, birçok şirket yeşil ögeyi tedarik zinciri yönetimi politikalarına eklemeye karar verdi (Uygun ve Dede, 2016). Böylece, çevresel endişelerin tedarik zinciri yönetimi içerisine entegrasyonu, ayrı ve büyüyen bir alana, Yeşil Tedarik Zinciri (YTZ) kavramına dönüşmüştür (Khodaverdi vd. 2013).

YTZ, “hammadde çıkarılmasından son kullanım ve elden çıkarmaya kadar faaliyetleri içerecek şekilde, bir ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca kaynak israfını ve olumsuz çevresel etkilerini azaltmak için geleneksel tedarik zincirinin genişletilmesi” olarak tanımlanabilir (Govindan vd. 2015).

Yeşil tedarik zinciri, geleneksel tedarik zincirinden aşağıdaki hususlarda farklılık göstermektedir:

- Kirleticilerin enerji tüketimi ve emisyonu için hedef/sınır belirleme,
- İç ve dış yönetimde çevresel performansın yer aldığı yönetim yapısı,
- Çevre koruma ve ham madde alımından nihai ürüne kadar düşük karbon tedarik zincirine uyum sağlayan iş modeli,
- Yeşil geri dönüşüm uygulaması,
- Yeşil alımlar, kurumsal sosyal sorumluluk, sürdürülebilir tüketim eğitimi ve uygulamaları (Govindan vd. 2017).

Tipik bir kapalı döngü YTZ akış şeması Şekil 3.1 'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Kapalı döngü Y TZ akış şeması

3.1.3. Yeşil tedarik zinciri yönetimi

Kaynaklar “firmanın sahip olduğu veya kontrol ettiği mevcut faktörlerin stokları” iken, yetenekler “bir firmanın kaynakları, genellikle süreçleri kullanarak, istenen bir sonuca ulaşmak için kombinasyon halinde kullanma kapasiteleri ” anlamına gelir. Kaynak kısıtlı olmakla beraber rekabet avantajı sağlar ve firmaların sürdürülebilir büyüme için kaynakları yenilikçi bir şekilde yönetmeleri gerekir (Gupta vd. 2017).

YTZY kavramı, şirketler tarafından izole edilmiş çevresel uygulamaların tüm tedarik zincirini daha yeşil hale getiren kolektif eylemler kadar etkili olmadığını farkına varılması ile ortaya çıkmıştır (Kannan vd. 2014). Tedarik zinciri fonksiyonuna dahil olmadan çevresel girişimler mümkün değildir. (Laari vd. 2016). YTZY, bir TZ 'indeki tüm oyuncular arasında dağılmış olan (tedarikçiler, distribütörler ve müşteriler) doğal çevre kaygılarının yaşam döngüsü analizi, yeşil tasarım, yeşil satın alma, geri dönüşüm, yeniden kullanım ve yeniden üretim, çevre teknolojileri, yeşil lojistik ve işbirliğine dayalı uygulamalar gibi çeşitli yeşil uygulamaların tedarik zinciri yönetimi ile bütünleşmesidir (Kannan vd. 2014; Govindan vd. 2015). Para, bileşenler, süreçler ve bilgi akışları, bir TZY sistemi

oluşturabilir, ancak aynı zamanda devlet mevzuatı ve halkı çevreyi koruma konusundaki farkındalığın artması nedeniyle; günümüzde firmalar, küresel pazarda hayatta kalmak istiyorlarsa çevresel sorunları görmezden gelemezler. Bu anlamda YTZY, firmaları çevresel etkileri azaltarak ve ekolojik verimliliği artırarak kar ve pazar payı hedeflerine ulaştıracak bir yoldur (Büyüközkan ve Çifçi, 2012).

Çevresel yönetim, çevresel etkilerin azaltılması yoluyla çevrenin korunmasını dikkate alan ve ürünün yaşam döngüsü aşamalarının hepsinin dahil olduğu girişimlerin veya faaliyetlerin planlanması, uygulanması, işletilmesi, genişletilmesi, yeniden tahsis edilmesi veya devre dışı bırakılması sonucu ortaya çıkan çevresel ve idari politikalar ve uygulamalar setidir (Khodaverdi vd. 2013).

YTZY, hem TZY literatüründen hem de çevre yönetimi (ÇY) bibliyografilerinden gelmektedir (Santos vd. 2019). Şirketler çevresel zorluklarla yüzleşmek için BS 7750, ISO 14000, ISO 14001 standart sistemleri gibi çeşitli ÇYS'leri benimsemişlerdir. Bir ÇYS'nin amacı, çevresel etkilerini en aza indirmek, kabul edilebilir kirlilik seviyeleri için asgari yasal ve düzenleyici standartlara ulaşmak ve doğal kaynakların israfını azaltmak için kurumsal çevresel faaliyetleri geliştirmek, uygulamak, yönetmek, koordine etmek ve izlemektir. Bu nedenle ÇYS, YTZY'ni uygularken çevresel uygulamaların uluslararası bir standartta gerçekleştirildiğinin kanıtı niteliğindedir (Khodaverdi vd. 2013).

3.1.4. Yeşil tedarik zinciri yönetimi faydaları

YTZY'nin çevreci uygulamalarından kaynaklı çevreye katkıları olduğu gibi uygulayıcılarına da kattığı imaj, işletme performansına etkisi gibi sebeplerle rekabet avantajı sağlayan faydalara sahiptir. YTZY'nin çevreye ve uygulayıcılarına faydalarından bazıları aşağıdaki gibidir:

- YTZY uygulamalarının faydalarından biri şirketlerin karbon ayak izinin azaltılmasıdır. Süreçlerin tüm aşamalarında yayılan CO2 eşdeğeri (CO2e) gazlarının neden olduğu karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik

politikalar geliştirilmesi çevre açısından son derece önemlidir. Dünyamızın karşı karşıya kaldığı en önemli sorunlardan biri olan küresel ısınmaya CO₂e gazları neden olmaktadır (Boyacı ve Çolak, 2018).

- Çevrenin korunmasına yönelik standartları sayesinde, üreticilerin ve tüm kuruluşların standartlara uymasını ve tüm tedarik zincirinde çevre dostu stratejiler kullanılmasını sağlar (Rostamzadeh vd. 2015). Birçok şirket, standartlaştırılmış çevre yönetim sistemleri (özellikle ISO 14001), yaşam döngüsü değerlendirmeleri, ürünlerin çevresel etiketlemesi, karbon ifşa projeleri ve sürdürülebilirlik raporlama programları gibi gönüllü çevre yönetimi ve iletişim araçlarına yatırım yapmaktadır (Büyüközkan ve Çifçi, 2011).
- YTZY, tedarikçilerden üst yönetime kadar herkesin işin bir parçası olmasını sağlayarak herkes için ortak bir amaç (çevre) yaratır ve iş ortakları arasında verimliliği ve sinerjiyi teşvik eder (Büyüközkan ve Çifçi, 2011; Laari vd. 2016).
- YTZY, çevre üzerindeki olumsuz etkileri (hava, su ve toprak kirliliği) ve kaynakların (enerji, malzemeler, ürünler) çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltırken (Govindan vd. 2015), kaynakların optimum şekilde tahsis edilmesini ve işletmelerin tüm faaliyetlerinin daha çevresel olmasını sağlar (Yiner vd. 2011).
- TZY faaliyetlerine yeşil uygulamalar dahil eden kuruluşlar, pazardaki ilk müşterinin avantajına sahip olur ve böylece daha yüksek fiyat teklifinde bulunabilir ve ayrıca yeni pazarlara dahil olabilirler (Gupta vd. 2017).
- Proaktif YTZY uygulamaları, kurumların sürdürülebilir rekabet avantajları, artan pazar payı ve karlılık gibi uzun vadeli performans faydalarını elde etmesini sağlar (Govindan vd. 2015).
- YTZY uygulamalarının uygulanmasının bazı faydaları, maliyet azaltma, karı artırma ve çevre dostu bir imaj sağlama gibi belirgindir (Santos vd. 2019).
- YTZY'nin uygulayıcılarına Maliyet azaltma, Finansal kurumlardan finansman alma kolaylığı, Yatırım kurtarma, Gelişmiş verimlilik ve firma performansı, Müşteriler için gelişmiş imaj, Yeşil operasyonel verimlilik gibi ekonomik faydaları vardır (Chang vd. 2018).

- YTZY uygulamaları şirketin stratejik hedefleriyle bütünleştirildiğinde, faaliyetlerini daha çevre dostu hale getirerek rekabetçi avantajlar sağlanabilir, bu da ekonomik, sosyal ve çevresel performans göstergelerinde iyileştirmelere neden olur (Santos vd. 2019).

Şirketlerin YTZY'ni benimseme amaçları konusunda yapılan araştırmalarda, bazı şirketlerin müşteri beklentilerini karşılamak için YTZY uygulamalarını benimsedikleri, bazılarının ise sadece çevre düzenlemelerine uymak için bu uygulamaları uyguladıkları ortaya çıkmıştır. Bunun yanı sıra YTZY uygulamaları pazarlama amaçlı bir araç olarak da işletmelerin performansını artırmak için bir araç olarak da görülmüştür (Sari, 2017).

3.1.5. Yeşil tedarik zinciri yönetimi faaliyetleri

YTZY, tedarik zinciri operasyonlarının çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesini veya tercihen ortadan kaldırılmasını amaçlamaktadır. Şirketlerin sadece yeni ortaya çıkan çevresel düzenlemelerin yanı sıra şirketlerin çevre uygulamaları ile ilgili coşkulu politikalarına dayanarak YTZY faaliyetleri konusundaki kabiliyetlerini de arttırması gerekmektedir (Uygun ve Dede, 2016). YTZY, eko/yeşil tasarım, yeşil satın alma, yeşil lojistik, ters lojistik ve tedarikçiler, distribütörler ve müşteriler ile birlikte işbirliğine dayalı uygulamalar gibi çeşitli yeşil uygulamaları uygulayarak doğal çevre kaygılarının tedarik zinciri yönetimi ile bütünleşmesidir (Govindan vd. 2015). Bahsi geçen YTZY faaliyetleri aşağıda sunulmuştur.

3.1.5.1. Eko- tasarım

Çevre ve yeşil tasarım olarak da adlandırılan eko tasarım, ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca çevre üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek için tasarım ve ürün geliştirme aşamasında atılan girişimler olarak tanımlanabilir (Gupta vd. 2017). Bu süreç, her türlü kaynağı elde etmekle başlar ve üretimle devam eder ve bu kaynakların veya malzemelerin elden çıkarılmasıyla sonuçlanır (Rostamzadeh vd. 2015).

Ürünün neden olduğu tüm çevresel etkilerin %80'i tasarım aşamasında belirtilmektedir. Bu nedenle çevresel etkileri azaltmanın en iyi yolu, çevresel kaygıları ürün tasarım geliştirme döngüsünün başlarında bütünleştirmek ve tasarım aşamasında malzemelerin seçilmesidir (Büyüközkan ve Çifçi, 2012).

Yeşil tasarım, yaşam döngüsü analizi, çevresel risk yönetimi, kirlilik kontrolü, atık yönetimi ve kaynak koruma ile yakın bir ilişki içindedir (Govindan vd. 2015).

3.1.5.2. Yeşil satın alma

Yeşil satın alma, bir firmanın uzun vadeli malzeme, bileşen veya sistem gereklilikleri için tedarikçiden ürün satın alırken/ karar verirken maliyet, kalite, performans ve diğer geleneksel faktörlerle birlikte çevresel etkileri göz önünde bulundurarak atık ve kirliliği azaltmak veya önlemek anlamına gelir (Govindan vd. 2017; Gupta vd. 2017). Başka bir ifade ile yeşil satın alma çevresel kriterleri göz önünde bulundurarak çevre dostu hammadde temin etmeyi (geri dönüştürülmüş, yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir) ve tedarikçilerin seçilmesini içermektedir. Tedarikçilere çevre gereksinimlerini yeşil satın alınan malzemelere yerleştirmek için yeşil tasarım talimatları sağlayarak kuruluşlar ve tedarikçiler arasında yeşil bir ilişki kurar (Uygun ve Dede, 2016; Govindan vd. 2017).

3.1.5.3. Yeşil lojistik

“Yeşil lojistik” terimi, çevresel tehlikeleri en aza indirmek amacıyla modern lojistik teknikleri ile daha az kirletici araçlar vb. kullanarak lojistik akışını planlama, kontrol etme, uygulama ve rotaları en aza indirmektir (Uygun ve Dede, 2016; Chhabra vd. 2017).

Yeşil lojistik, çevresel etkinin yanı sıra organizasyon amaçlarını da gerçekleştirir bu açıdan yeşil lojistik, organizasyonun ürün ve hizmetleri, ekonomik verimlilikle birlikte çevre dostu bir şekilde sunma kabiliyetidir (Chhabra vd. 2017).

Yeşil lojistik aynı zamanda bir kuruluşun kaynakları koruma, atıkları azaltma, çalışma verimliliğini artırma amacıyla sera gazı emisyonları, gürültüyle ilgili

konular, kazalar vb. gibi çevre ile ilgili sorunların azaltılmasına odaklanan uygulamalar olarak da gösterilebilir (Chhabra vd. 2017).

3.1.5.4. Ters lojistik

Birçok ürün, ürünün kullanım ömrünün sonunda tamamen kullanılmaz ve çoğu kalan değere sahiptir. Tersine lojistik, bir ürünün kullanıldıktan sonraki aşamalardan oluşur ve geri gönderilen üründen değeri maksimize etmek veya toplam tersine lojistik maliyetini en aza indirmek amacıyla müşteriden tedarikçiye malzemelerin geriye doğru akışına odaklanır. Daha önceki iş uygulamalarında, tedarik zinciri akışı yalnızca ileri yönde gerçekleşir. Tersine lojistik, ileri tedarik zincirinde geri dönüş ürünü taşıma mekanizması sürecidir. Tersine lojistik, çelik, uçak, bilgisayar, fotokopi makinesi, otomobil, plastik, halı, kâğıt, kimyasal madde, ev aletleri ve tıbbi ürünler gibi birçok sektörde uygulanmaktadır (Kannan vd. 2009; Büyüközkan ve Çifçi, 2012; Jayant vd.2014; Uygun ve Dede, 2016).

Tersine lojistik toplama, inceleme, depolama, sökme, geri dönüşüm, yeniden imalat, yenileme, tamir ve elden çıkarma gibi ters tedarik zinciri faaliyetlerden oluşur ve bu faaliyetlerini gerçekleştirmek için uygun lojistik ağının kurulmasını gerektirir (Kannan vd. 2009; Govindan vd. 2015).

Tersine lojistiğin çevresel açıdan tanımlanması, öncelikle geri dönüşümlü veya tekrar kullanılabilir ürünlerin ve malzemelerin ileri tedarik zincirine geri gönderilmesine odaklanmaktadır. Etkili ve verimli ters lojistik ağları tasarlamak, GSCM girişimlerini büyük ölçüde başlatmak ve sürdürmek için gerekli ekonomik faydaları sağlamak ve kar elde etmek için kilit bir faktördür (Büyüközkan ve Çifçi, 2012).

3.1.5.5. Yeşil paketleme

Boyut, şekil ve malzeme gibi ambalajlama özellikleri, ürünlerin taşıma özellikleri üzerindeki etkileri nedeniyle dağıtım üzerinde etkilidir.

Yeşil paketleme, yeniden düzenlenmiş yükleme düzenleriyle birlikte aşağıdaki faydaları sağlayabilir (Büyüközkan ve Çifçi, 2012):

- Malzeme kullanımını azaltma,
- Depolarda ve kamyonlarda alan kullanımını arttırma,
- Taşıma miktarını azaltma,
- Güçlü bir müşteri-tedarikçi ilişkisi ve etkili bir ters lojistik kanalı gerektirmeye yarar.

3.1.5.6. İşbirlikleri

İşbirliği, bir kuruluş içindeki farklı fonksiyonel gruplardan veya farklı kuruluşlardan kişileri bir araya getirmek ve kuruluşların yeşil hedeflerine ulaşmak için ortaklaşa çalışmak anlamına gelmektedir. İşbirlikçi ağlar, rakiplerle yapılan işbirlikleri veya organizasyonlar arası işbirlikleri, kurum içi işbirlikleri, tedarikçilerin yeteneklerini geliştirmek için işbirliği, müşteriler ve alıcılar arasındaki ilişki baskısı, araştırma enstitüleri ve laboratuvarları ile işbirlikleri ve sosyal ve çevre grupları ile işbirlikleri gibi çeşitli boyutlarda karşımıza çıkabilmektedir. İşbirlikçi ağlar, bir kuruluş tarafından elde edilmesi zor olan kuruluşlar arasında çeşitli yeterliliklerin ve kaynakların paylaşılmasına yardımcı olması sebebi ile kuruluşlar için önemli bir yenilik kaynağıdır (Gupta vd. 2017). Öte yandan, örgütler arası çevre uygulamaları, taklit edilmesi zor olan ve dolayısıyla bir rekabet avantajı kaynağı olan rekabeti engelleyen sosyal olarak karmaşık kaynaklar yaratmakta ve TZ ortaklarıyla dış çevre işbirliği, firmanın iç ve dış bilgi, beceri ve teknolojiyi etkin bir şekilde entegre edebildiğini göstermektedir (Laari vd. 2016).

3.1.5.6.1. Tedarikçi ile işbirliği

Tedarikçilerinin çevresel uyumsuzluğu firmaları da sorumlu tutulabilmektedir. Bu nedenle firmalar, çevresel performanslarını artırmak için tedarikçilerle TZ düzeyinde çevresel işbirliği ve izleme uygulamalarını benimsemektedir her iki yönetim mekanizmasının uygulama düzeyi (izleme ve işbirliği) ne kadar yüksek olursa, çevresel performans da o kadar yüksek olur. Çevresel izleme, çevresel işbirliğinin bir etkinleştiricisi olarak tanımlanabilir (Laari vd. 2016).

3.1.5.6.2. Müşteri ile işbirliği

Müşteri çevre işbirliği, müşterileri için daha iyi çevresel performans sağlamak amacıyla bir firmanın doğrudan katılımını içermektedir. Firma ile müşterileri arasındaki teknik bilgilerin değişimi, müşteri eğitimi, müşteri desteği ve ortak girişimler gibi aktiviteler işbirliği içerisindedir (Govindan vd. 2015).

Çevresel konularda müşteri işbirliği, çevresel veya operasyonel performansla doğrudan veya dolaylı olarak ekonomik faydalar sağlarken bu işbirliğinin, iç YTYZ uygulamalarının seviyesinden bağımsız olarak çevre performansına da olumlu yönde etki ettiği bulunmuştur (Govindan vd. 2015; Laari vd. 2016).

3.2. İşletmelerde Performans Ölçümü

Bu bölümde öncelikle performans kavramı ve kapsamı, işletmelerde performans ölçümü, performans ölçümünün amaçları açıklanmış ve YTYZ 'inde performans yönetimi ve yöntemleri konuları incelenmiştir.

3.2.1. Performans kavramı ve kapsamı

Performans kelimesinin TDK (2019)'da karşılığı "Başarım" olarak karşımıza çıkmaktadır. Performans, belirli bir zaman dilimi içerisinde bir işi yapan birey, grup veya örgütün harcadığı gayret sonucu hedeflenen duruma ne derece ulaşıldığının nicelik ve nitelik açısından tespiti başka bir ifadeyle bir işletmenin

amaçlarına ulaşma düzeyini ifade eden çok boyutlu bir kavramdır (Bayyurt, 2007; Çınaroğlu, 2012).

Performans, bir firmanın iyi bir finansal statüsünü ve rekabet avantajını sağlamada iyi performans göstermesinin faydalı olduğu göz önüne alındığında, bir firmanın başarısının kilit göstergesidir (Guo vd. 2019).

Performansın “Kalite”, “Yenilik”, “Karlılık” gibi boyutları olmakla birlikte en temel ve birbiri ile karıştırılan boyutları: “Etkinlik” ve “Verimlilik”tir (Karaman, 2009). Verimlilik kavramının TDK (2019)’da karşılığı “*Verimli olma durumu, verimkârlık, mûmbitlik*”tir. Verimlilik, bir mal veya hizmet üretiminde elde edilen çıktılar ile bunları elde etmek için kullanılan girdiler arasındaki ilişkiyle (oran) ilgili olup bir ürünü minimum girdi ile üretmek veya bir girdiden maksimum çıktı elde etmeyi ifade eder. Etkinlik kavramının ise TDK (2019)’da karşılığı “*etkin olma durumu, müessiriyet*” ve “*bir işletmenin, bir kurumun belli bir alandaki eylemi, faaliyet, aktivite*” olarak karşımıza çıkmaktadır. Etkinlik, kaynakların ne derece iyi kullanıldığına bir göstergesi olup çıktı / girdi kombinasyonlarının gözlemlenen ve optimum değerleri arasındaki bir karşılaştırmadır. Etkinlik, başarı için temel koşul olarak ifade edilirken verimlilik başarının sürdürülmesini temin etmektedir (Martinez-Cordero ve Leung, 2004; Bayyurt, 2007; Karaman, 2009) .

3.2.2. İşletmelerde performans ölçümü

Performans ölçümü bir eylemin etkinliğinin ve verimliliğinin belirlenme süreci olarak tanımlanmaktadır (Uysal, 2012).

Performansı yönetmek firmanın hedefleri doğrultusunda şuan nerede olduğunu ve gelecekte olmasını istediği yere nasıl ulaşacağını görmesini sağlayacak işletme yönetimi açısından hedeflere giden yolda kendini görebileceği ve geliştirebileceği vazgeçilmez bir parçadır ve ölçülemeyen şey yönetilemez anlayışıyla performansı iyi bir şekilde yönetebilmek için öncelikle performansı ölçülemek gerekmektedir (Sun, 2010).

3.2.2.1. İşletmelerde performans ölçümünün amaçları

İşletmelerde performans ölçümünün amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Performans ölçümü, geçmişi değerlendirip işletmenin eksik olduğu yönleri gösterir.
- Performansı etkileyen faktörlerin belirlenmesini sağlar.
- Kaynakların hedeflere göre düzenlenmesini ve gelecek hedeflerin daha gerçekçi temeller üzerine kurulmasını sağlar.
- İşletmede karar alıcıların, doğru kararlar almaları ve sonucunda işletmenin başarı oranının yükseltilmesini ve kuruluş amaçlarını gerçekleştirebilmesini sağlar.
- Hedeflere zamanında ve daha verimli yollardan ulaşmayı sağlar.
- Ölçümlerle yöneticilerin ve tüm çalışanların davranışlarını gösteren, yönlendiren ve yöneten bilgiler sağlanır.
- Performans ölçümü odağında sadece az kaynak harcanması değil, doğru şeylere akıllıca kaynak harcanması da yer almaktadır.
- Düzenli olarak gerçekleştirilen performans ölçümleri sürdürülebilir rekabet üstünlüğü elde etmede çok önemli bir role sahip olup, stratejik planları ve performans ölçümleri arasında eşgüdüm bulunan işletmelerin içinde buldukları sektörde rakiplerine oranla çok daha başarılı olmalarını sağlar (Bayyurt, 2007; Karaman, 2009) .

3.2.3. Yeşil tedarik zincirinde performans yönetimi

Günümüzde insanlar, daha önce hiç olmadığı gibi, ekonomi ve çevre arasındaki güçlü bağlantıların farkındadırlar. İşletme ve yönetim alanlarında, organizasyonların çevre üzerindeki etkilerini en aza indirmek için daha büyük sorumluluklarla karşı karşıyadır. Bu görevin bir yönü, çevresel performans ve ÇYS şeklinde proaktif yaklaşımların uygulanmasını ve tedarik zincirinin yeşilleştirilmesini içerir (Khodaverdi vd. 2013).

Sürdürülebilirlik tartışmaları, bir tedarik zincirinin performansının sadece kârlarla değil, aynı zamanda zincirin ekolojik, sosyal sistemler, ekonomi ve

kaynaklar üzerindeki etkisiyle de ölçülmesi gerektiğine dair temel fikir ile yönlendirilmektedir (Uysal, 2012).

Günümüzde, çevresel emisyonların azaltılması, zararlı atıkların bertarafı, yeşil teknolojinin benimsenmesi, yeşil ürünler ve yeşil uygulamalar birçok kuruluşun öncelikli listesinde yer alırken, tedarikçilerin çevresel performansının değerlendirilmesi, giderek daha önemli hale gelmiştir (Awasthi vd. 2010).

Çevre yönetiminden en büyük faydaları elde etmek için firmaların tüm tedarikçileri YTZ'ne dahil etmeleri gerekmektedir (Büyüközkan ve Çifçi, 2012). YTZY'inde performans değerlendirmesi ise YTZY verimliliğine ulaşmak ve sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmek için yeşil uygulamalar ile performanslar arasındaki ilişkiyi analiz ederek gerçekleşmelidir (Govindan vd. 2015).

Yapılan araştırmalar sonucu, firmaların çevresel sorunla başa çıkma girişimlerinin “maliyet faktörü” değil “önemli stratejik faktör” olduğu ve pazar tarafından desteklendiğini göstermektedir. Finansal performans, güçlü çevresel performanstan gelir ve maliyetlerden etkilenir. İyileştirilmiş çevresel performans, kurumsal imajın artmasına ve dolayısıyla zaman içinde daha yüksek satış ve karlara yol açabilmektedir (Laari vd. 2016).

3.2.3.1. Yeşil tedarik zinciri yönetiminde performans ölçüm yöntemleri

Performans ölçümü, biri tedarik zincirinin lojistik yönü olan farklı alanlarda uygulanır. Lojistik, tedarik zinciri yönetiminin bir parçasıdır ve lojistik operasyonlarında var olan çeşitli faaliyetler, çoğunlukla bir tedarik zincirinde önemli rol oynadıkları için lojistik şirketleri tarafından sağlanmaktadır. Son zamanlarda, lojistik, küreselleşmenin yanı sıra ileri teknolojilerin bir sonucu olarak daha da önem kazanmıştır. Giderek artan şiddetli rekabet, firmaları sektörde daha rekabetçi hale gelmek için kapsamlı bir ölçüm modeli ile performanslarını değerlendirmeye zorlamaktadır (Kucukaltan vd. 2016).

Tedarik zincirinde firmaların performansını ölçmek ve değerlendirmek çok zor ve karmaşık bir iştir. Literatürde tedarik zinciri performans ölçümü için; “Dengeli Skor Kartı (balanced scorecard)”, “SMART”, “Performans Ölçüm Matrisi”, “Faaliyet Tabanlı Maliyetleme ve Bütüncül Dinamik Performans Ölçme Yöntemi” gibi kullanılan birçok farklı model ve gösterge bulunmasına rağmen, sürdürülebilir gelişme açısından bu sayı önemli ölçüde azalmakta ve çok fazla gösterge kullanılması durumunda, sürdürülebilirliği değerlendirmek oldukça zor ve karmaşık bir hale gelmektedir. Tüm bunların yanında, yeşil tedarik zinciri gibi kararların yönetilmesi, çeşitli katılımcıları ve bakış açılarını doğru bir şekilde içerdiği anlamına geldiğinden, tüm boyutların tek bir ölçü birliğine indirilmesi gerekmektedir. Çok kriterli değerlendirme, bu sorunu çözmek için bir çerçeve sunmaktadır (Uysal, 2012).

3.2.3.2. Yeşil tedarik zinciri yönetiminde performans türleri

YTZY, çok boyutlu özelliğe sahiptir ve performans ölçümü birden çok boyutta ele alınabilir. Bu doğrultuda YTZY bakımından işletme performansını çevresel, operasyonel, ekonomik ve örgütsel olarak ele almak mümkündür.

3.2.3.2.1. Çevresel performans

Yönetim performans ölçütleri arasında çevresel planlar ve eylemler, topluluk ilişkilerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmiş organizasyon imajı yer almaktadır.

Çevresel performanslar, YTZY uygulamalarının kurumların doğal çevre üzerindeki olumlu etkilerini açıklamaktadır. Çevresel performans, ekonomik performansı olumlu yönde etkilemektedir (Govindan vd. 2015).

Çevresel performans sonuçları incelendiğinde aşağıda verilen çıktılarına ulaşılması mümkündür (Govindan vd. 2015).

- Katı / sıvı atıkların ve emisyonların azaltılması
- Enerji ve kaynak kullanımının azaltılması
- Tehlikeli ve toksin maddelerin azaltılması
- Çalışan ve toplum sağlığının iyileştirilmesi

3.2.3.2.2. Operasyonel performans

Chavez vd. (2014) (basında) Müşteri baskısının YTZY uygulamalarının benimsenmesini ve motive edilmesini, bunun da operasyonel performans iyileştirmeleriyle ilgili olduğunu belirleyen önemli bir faktör olduğunu tespit etmiştir (Laari vd. 2016). Operasyonel performans TZ uygulamalarının daha verimli ve etkin uygulanması ile ilgilidir.

Çevresel konularda müşteri işbirliği, çevresel veya operasyonel performansla doğrudan veya dolaylı olarak ekonomik faydalar sağlayabilmektedir (Laari vd. 2016).

3.2.3.2.3. Ekonomik performans

Genel olarak, YTZY uygulamalarının uygulanmasının bir firmanın çevresel performansını iyileştirmesi beklenmektedir. Bununla birlikte, bu gibi uygulamaların pazar payı ve karlılık gibi finansal performans kazanımlarına dönüşmeyebileceğine dair bir endişe vardır (Green vd. 2012b).

Tedarik zincirindeki çevresel uygulamalar ile ekonomik performans arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Örneğin, atık enerjinin geri kazanımı konusunda firmalar arası çevresel işbirliği doğrudan kaynak alım harcamalarını azaltabilir ancak bu arada işbirliğinden kaynaklanan işletme maliyetlerini artırabilir (Laari vd. 2016).

Ekonomik sonuçlar, kuruluşların YTZY uygulamalarını uygulamalarına yol açan yeşil tedarik zinciri uygulamalarının finansal tasarruflarıdır. Olumlu bir ekonomik gelişme,

- Karlılık
- Gelir ve pazar payı artışı
- Verimlilik artışı

gösterebilirken, olumsuz ekonomik performans, operasyonel maliyet ve çevre dostu madde satın alma maliyetinin artmasıyla görülmektedir (Govindan vd. 2015). Min ve Galle (2001), yeşil satın alımların operasyonel maliyetleri

arttırdığını ve bir kurumun finansal performansını olumsuz yönde etkileyebileceğini fark etti. Bununla birlikte, diğer araştırmalar yeşil tedarik zinciri girişimleri ile ekonomik performans arasında pozitif bir bağlantı olduğunu göstermiştir (Govindan vd. 2015).

3.2.3.2.4. Örgütsel performans

Performans bir bireyin, bir grubun veya örgütün belli bir hedefe ulaşabilmek için gösterdikleri çabayı ifade ederken örgütsel performans bu hedefe ne kadar yaklaşıldığını ifade eden temel bir faktör, göstergedir.

León ve Calvo-Amodio (2017) ve Zhan ve diğ. (2018), çalışmalarında yalın ve yeşil uygulamaların sistemik uygulamasını savunmaktadır. Bu nedenle Santos vd. (2019), sistemik uygulama, her iki paradigmanın örgütsel performans üzerindeki katkısını ve etkilerini değerlendirmek için yeterli ölçümler gerektiğini savunarak yalın ve yeşil uygulamaların örgütsel performans üzerindeki etkilerini değerlendirmek için entegre bir çerçeve geliştirdiler. Çalışmaları sonucu yalın sistem şirkette uygulanan daha fazla sayıda uygulamaya sahip olsa da, yeşil sistemin örgütsel performans üzerinde daha etkili olduğunu bulmuşlardır.

Şirketin çevresel ve operasyonel boyutları göz önüne alarak örgütsel performansını iyileştirmek için önceliklendirilmesi gereken uygulamalar aşağıda sıralanmıştır (Santos vd. 2019).

- Azaltma, Yeniden Kullanma ve Geri Dönüşüm
- 5S (Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke)
- Kaizen

3.2.4. Tedarik zinciri yönetimindeki yeşil uygulamalar ve işletme performansı ilişkisi

Çevresel kaygılar hemen hemen tüm kuruluşları idari ve operasyonel düzeyde etkilemiş, ulusal ve uluslararası yasal düzenlemeler, şirketleri faaliyetlerini yürütürken çevresel bir yaklaşımla hareket etmeye zorlamıştır. (Govindan vd. 2015; Boyacı ve Çolak 2018).

YTZY faaliyetlerinin işletme performansını arttırdığı gibi net bir ifade kullanılamamakla birlikte bu hususta kaynak bağımlılığından istifade edilebilmektedir.

Şirketler, yeşil yeteneklerini geliştirmelerini sağlayan YTZY uygulamalarının etkinliğini değerlendirmek zorundadır. Uygun ve Dede (2016), YTZY performansını değerlendirmek için model geliştirme ihtiyacına vurgu yapmıştır.

Min ve Galle (2001), yeşil satın alımların operasyonel maliyetleri artırdığını ve bir kurumun finansal performansını olumsuz yönde etkileyebileceğini fark etti. Bununla birlikte, diğer araştırmalar yeşil tedarik zinciri girişimleri ile ekonomik performans arasında pozitif bir bağlantı olduğunu göstermiştir (Govindan vd. 2015).

YTZY faaliyetleri ve işletme performansı arasındaki ilişki istifade edilen kaynaklar sonucu aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- YTZY verimliliğine ulaşmak ve sürdürülebilir rekabet avantajı elde etmek için yeşil uygulamalar ile performanslar arasındaki ilişkiyi analiz etmek gerekir (Govindan vd. 2015).
- İyileştirilmiş çevresel performans, kurumsal imajın artmasına ve dolayısıyla zaman içinde daha yüksek satış ve karlara yol açabilmekte ve çevresel performans, finansal performansı olumlu yönde etkilemektedir (Laari vd. 2016).
- YTZY faaliyetleri, pazardaki ilk müşterinin avantajını sağlar ve böylece firmalar daha yüksek fiyat teklifinde bulunabilme ve yeni pazarlara dahil olabilme ayrıcalığına sahip olur (Gupta vd. 2017).
- YTZY faaliyetleri, kurumların sürdürülebilir rekabet avantajları, artan pazar payı ve karlılık gibi uzun vadeli performans faydalarını elde etmesini sağlar (Govindan vd. 2015).

4. BULANIK MANTIK VE BULANIK KARAR VERME

Bulanık mantık ve bulanık karar verme konularına değinmeden önce bulanıklık kavramının açıklanması gerekmektedir. TDK(2019)'da bulanıklık kavramı "bulanık olma durumu" ve bulanık kavramı "bulanmış olan, duru olmayan", "niteliği tam anlaşılmayan", "açık seçik görünmeyen, net olmayan" şeklinde tanımlanmıştır. Bulanıklık net olmama durumunu ifade etmektedir. Bu bölümde bulanık mantık ve tarihsel gelişimi, bulanık kümeler ve bulanık karar verme konuları açıklanmıştır.

4.1. Bulanık Mantık Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

İlk kez 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından "Information and Control" dergisinde yayınlanan "Bulanık Kümeler" adlı makale ile ortaya çıkan Bulanık mantık teorisi, belirsizliği karar verme modellerine entegre etmek için analitik bir yaklaşım olarak önerilmiştir (Zadeh, 1965, 1996, 1997).

Aslında, bulanık mantığın girişimleri insan beynini, muğlak yerine kesin olmayan akıl yürütme yöntemlerini etkili bir şekilde uygulamak için taklit etmektir. Bulanık mantık, üyeliğin uygunsuzluğunu hesaba katarak, modeller arasında belirsiz bağımlılıkların tanınmasını sağlar. Net mantık, mantıksal ve değerlendirmelerin ikili olduğu ve önermesel mantığa dayandığı tamamen farklı bir yaklaşımdır. Değişkenler bulanık mantıkta 0 ile 1 arasında değişmektedir ve esas olarak bu ikili kısıtlama ile sınırlı değildir ve ara değerleri de içerir. İnsan beyninin muhakeme etme yeteneği bilgisayarlarınkinden farklıdır çünkü bilgisayarlar, muhakemede bulunurken siyah veya beyaz şeklindeki keskin ve net ifadelerle dayanan 0-1'li sistemi kullanırken İnsanlar sağduyularından yararlanarak net olmayan ve bulanıklık içeren ifadeler ile muhakemede bulunurlar. Gerçek dünya problemleri ne kadar yakından incelenmeye alınırsa, çözüm de o kadar bulanık hale gelecektir (Zadeh, 1965, 1996, 1997; Govindan vd. 2015; Vahabzadeh vd. 2015). Bu sebeple gerçek hayat problemlerine yaklaşırken ikili kesin mantık yetersiz kalmakta ve bulanık mantıktan yararlanmak gerekmektedir.

Bulanık mantık kullanmanın sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Govindan vd. 2015):

- Bulanık araçlar, daha basit olan ve modelin analiz ve geliştirme süresini azaltabilecek yeni bir metodoloji sunar.
- Bulanık mantık, tüm gerekli hesaplamalarda arkasındaki nedenlere rağmen bilginin tamamını hesaba katma imkânı sağlar. Aslında, bulanık mantık, kesin olanın yerine belirsiz mantık yürütmeyi düşünmek için uygun ve uygulanabilir bir temel sağlar.
- Bulanık mantık, değişkenleri en temel şekliyle mutlak üyelik yerine üyelik derecelerine göre ve kesinlik ve hassasiyet yerine, bulanık mantık ile ele alınan bir hoşgörü affi düzeyi ile değerlendirir. Hatalı ölçümlerin sonucu olabilecek veya yanlış bir şekilde uzman çıkarmanın kodlanmasıyla elde edilebilecek tüm eksik bilgiler, bulanık bir modellemede dikkate alınabilir.
- Gerçek hayat olaylarının belirsizliğini modelleyebilme ve çözümleyebilme imkânı sağlar.

4.2. Bulanık Küme Teoremi

Net rakamlar, çeşitli koşullarda insanın yargısını, kesinliğini, öznelliğini ve belirsiz kaynağını temel almada yetersiz kalmaktadır (Olfat vd. 2013).

Zadeh (1965, 1976) tarafından ortaya konan bulanık küme teorisi, insan yargı ve düşüncesindeki ana faktörlerin sayılar değil, dilsel terimler veya bulanık kümelerin etiketleri olduğu varsayımına dayanarak geliştirilmiştir.

Bulanık küme teorisinin, kısmi küme üyeliğine izin vererek matematiksel bir güç sunarak insanın bilişsel düşüncesindeki belirsizliği ve yanlışlığı çözdüğü düşünülmüştür. Bulanık küme, üyelik derecesinin 0 ile 1 arasında bir ara değer olarak alınabilme imkânı sağlayan, üyelik derecelerinin sürekliliği olan bir nesne sınıfı olma özelliği ile gerçek dünyayı yansıtmaya yeteneğine katkıda bulunan klasik kümeler teorisinden daha geniş bir çerçeve sağlar. Burada "0" üye olmamayı "1" tam üye olmayı ifade eder (0,1) arası değerler ise kısmi üyeliği ifade etmektedir (Erol vd. 2011; Rostamzadeh vd. 2015). Buna örnek olarak temel varsayım olan "siyah" ve "beyaz" ikili üyelik kavramı verilebilir. Klasik kümelerde bu iki kümeden yalnızca birine üyelik imkânı var iken bulanık kümelerde kısmi üyelik

sayesinde her iki kümeye de belli bir üyelik derecesinde ait olabilme imkânı vardır.

Bir evrensel kümenin X bulanık alt kümesi, bir üyelik işlevi $f [A (x)]$ ile tanımlanır ve X 'teki her bir elemanı gerçek bir sayıya $[0, 1]$ eşleştirir. Bir elemanın üyelik derecesi 1 ise, elemanın kesinlikle o sette olduğu anlamına gelir. Üyelik notu 0 olduğunda, elemanın kesinlikle o sette olmadığı anlamına gelir. Belirsiz durumlara 0 ile 1 arasında değerler atanır (Erol vd. 2011).

4.3. Üyelik Fonksiyonları

Üyelik fonksiyonu, bulanık küme elemanlarının kümeye ait olma derecesini başka bir ifade ile 0 ile 1 aralığındaki sonsuz sayılar arasındaki konumunu gösteren önem eğrisi olarak ifade edilmektedir.

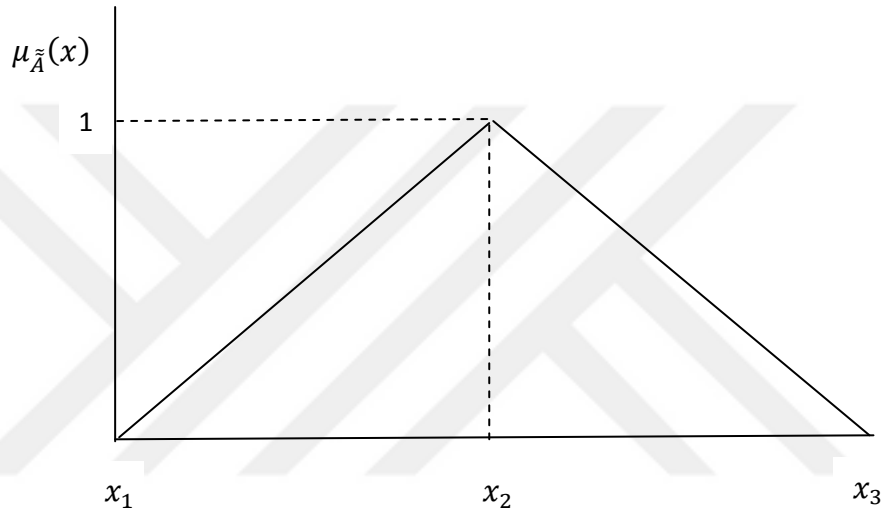
Uzun insanlar bulanık küme örneği en çok rastlanılan örneklerden biridir. Yine bunun gibi şişman insanlar kümesi örneği ile durumu açıklamak gerekirse, klasik kümelerde şişman insanlar kümesine dahil olanlar ile olmayanları ayırt etmek mantığa uygun değildir. Şişmanlık cinsiyet, boy, yaşam standardı, coğrafi özellikler, genetik faktörler, yeme içme alışkanlığı gibi birden çok etkene bağlı ve göreceli bir kavramdır. 80 kg olan bir birey, şişmanlar kümesine dahil edilecek olunursa cinsiyete göre değişen kilo standardı, coğrafi özelliklerin etkisi, yaş faktörü, boy/ kilo endeksi ve bunun gibi bir çok faktör göz ardı etmiş olunur. Bunun için çözüm kısmi üyelik sağlayacak bulanık kümeler teorisidir.

Şekli yönden birçok üyelik fonksiyonu olmasına karşın en çok kullanılanları üçgen, yamuk ve gaussian ve nadir olarak kullanılanlar sigmoidal, S tipi, Z tipi, Pi tipi üyelik fonksiyonlarıdır. Tip-1 bulanık kümelerde bahsi geçen bu üyelik fonksiyonları 0 ile 1 aralığındaki net bir değerden oluşmaktadır (Topkarcı, 2013).

4.3.1. Üçgen üyelik fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonu x_1 , x_2 ve x_3 olmak üzere üç parametre ile tanımlanmıştır. Şekil 4.1 'de grafiği gösterilen üçgen üyelik fonksiyonunun matematiksel gösterimi Eşitlik 4.1' de verilmiştir (Topkarcı, 2013).

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < x_1 \\ x - x_1/x_2 - x_1, & x_1 \leq x < x_2 \\ x_3 - x/x_3 - x_2, & x_2 \leq x < x_3 \\ 0, & x > x_3 \end{cases} \quad (4.1)$$

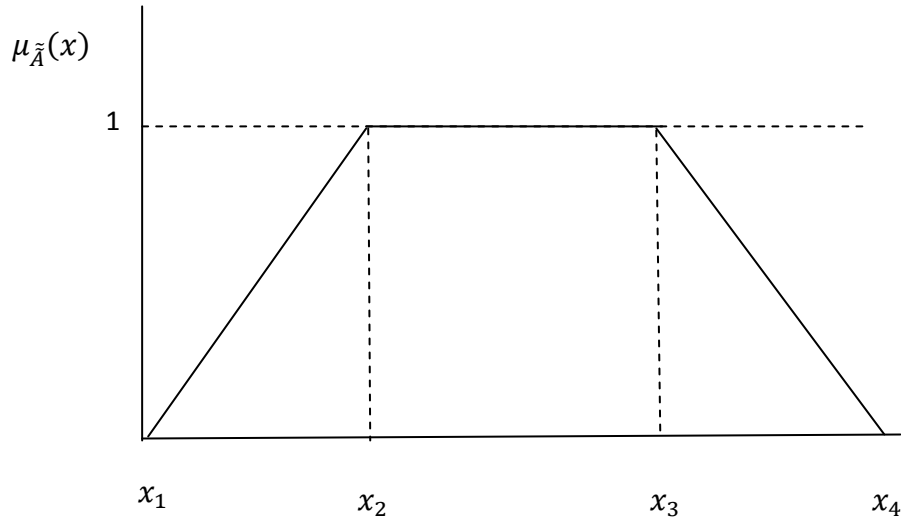


Şekil 4.1 Üçgen bulanık sayı grafiği

4.3.2. Yamuk bulanık sayılar

Yamuk üyelik fonksiyonu dört parametre ile (x_1, x_2, x_3 ve x_4) tanımlanmıştır. Şekil 4.2 'de grafiği gösterilen üçgen üyelik fonksiyonunun matematiksel gösterimi Eşitlik 4.2' de verilmiştir (Topkarcı, 2013).

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < x_1 \\ x - x_1/x_2 - x_1, & x_1 \leq x < x_2 \\ 1, & x_2 \leq x < x_3 \\ x_4 - x/x_4 - x_3, & x_3 \leq x < x_4 \\ 0, & x > x_4 \end{cases} \quad (4.2)$$



Şekil 4.2 Yamuk bulanık sayı grafiği

4.3.3. Gaussian bulanık sayılar

İki parametre ile tanımlanan (m ve σ) gaussian üyelik fonksiyonunda m parametresi fonksiyonun merkezini ifade ederken σ parametresi üyelik fonksiyonu genişliğini ifade eder ve σ değıştikçe (artıp azaldıkça) üyelik fonksiyonu genişliği de değışecektir. Matematiksel ifadesi Eşitlik 4.3 'te verilmiştir (Topkarcı, 2013).

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = (x; m, \sigma) = \exp \left\{ -\frac{(x-m)^2}{\sigma^2} \right\} \quad (4.3)$$

4.4. Bulanık Karar Verme

Karar terimi kullanıldığı alana göre farklı anlamlar içerecektir. Örneğin hukukta kesin yargı ve hükmü ifade ederken müzik alanında Türk müziğinde taksim yaparken ana makama dönüşü ifade edecektir (TDK, 2019).

Karar kelimesinin TDK (2019)'daki karşılığı "bir iş veya sorun hakkında düşünülerek verilen kesin yargı" ve karar vermek cümlesinin TDK (2019)'daki karşılığı "bir sorunu karara bağlamak, kararlaştırmak" olarak karşımıza çıkmaktadır.

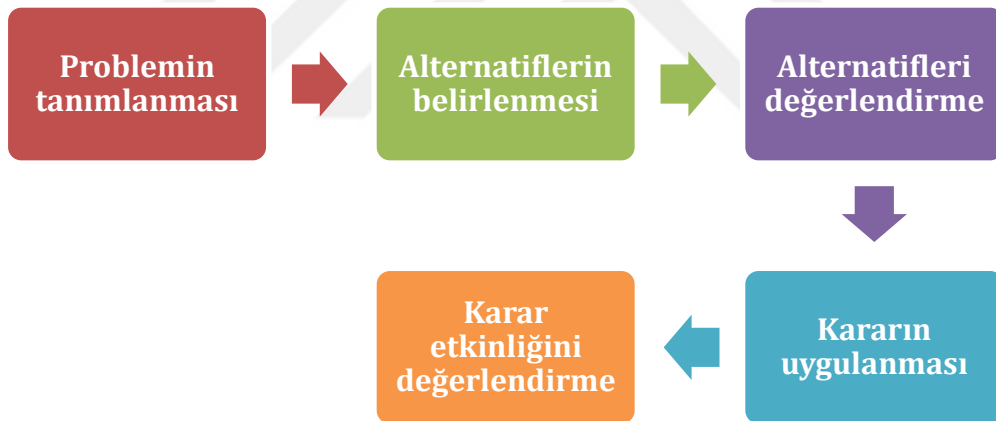
Karar verme, bir tercihi, seçimi, sorunu, belirsizliği karara bağlamayı netleştirmeyi ifade etmekte ve karar verici, amaç ve ulaşılacak sonuç, karar kriterleri gibi kavramlar içermektedir.

Burada;

- Karar verici, karar verme yetkisine sahip olan kimseyi
- Amaç ve ulaşılacak sonuç, hedef veya hedefe uygun alternatifin belirlenmesini /sıralanmasını
- Karar kriterleri, alternatifler arasında seçim veya sıralama yapılmasını sağlayacak ölçütleri

ifade etmektedir (Halaç, 2001).

Karar verme sürecinde izlenen adımlar genellikle karar türünden bağımsız ve hemen hemen aynı olmaktadır. Bu adımlar Şekil 4.3 'te gösterilmiştir (Schoenfeld, 2011).



Şekil 4.3. Karar verme süreci adımları

Belirsizlik ve risk altında bir tercihin, seçimin veya sorunun karar verme sürecinde bulanık kümelerden yararlanır ve bu karar verme bulanık karar verme olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günlük hayatta insanlar sık sık kesin olarak bilemedikleri, emin olamadıkları, tahmin edemedikleri olaylar ile karşılaşır ve bu koşullar altında mutlak bir karar verme ihtiyacı duyarlar. Eldeki sayısal ve sözel veriler ile karar vermeye

çalışılacak fakat problemin zorluğu arttıkça parametre sayısı da artacak ve karar verme daha da zor ve karmaşık bir hale gelecektir. Firmalar için her koşulda doğru karar vermek stratejik bir önem taşımaktadır. Bu nedenle daha doğru karar vermek amacı ile bireyler ve firmalar bulanık mantığa yönelmişlerdir (Topkarcı, 2013).

Gerçek hayat olaylarında ve insanın yargısının özneliği, belirsizliği koşulları altında elde edilen veriler belirsizlik içerecek ve bu verileri karar verme sürecine dahil etme bir sorun olarak karşımıza çıkacaktır. Bellman ve Zadeh (1970), bulanık kümeleri kullanarak karar verme problemini araştıran ilk araştırmacılar oldular. Bulanık belirleme teorisi, Zadeh (1965, 1976) tarafından insan mantığının belirsizliğini çözmek için matematiksel güçler sağlayarak ve net küme üyeliği yerine kısmi küme üyeliğine izin vererek verileri işlemenin bir yolu olarak düşünüldü (Khodaverdi vd. 2013; Rostamzadeh vd. 2015).

4.5. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) birden çok alternatifin karar vericiler tarafından çok yönlü değerlendirilerek aralarından birinin seçildiği veya alternatiflerin sıralandığı yöntemdir.

Klasik ÇKKV yöntemlerinde, karar verici(ler)in karar ölçütleri çerçevesinde ilgili alternatifleri net verilerden yararlanarak değerlendirmesi ve ölçütlerin önem seviyesini (derecesini) belirlemesi gerekir ve karar vericilerin değerlendirmesi ile süreç en iyi alternatifin seçilmesi ile sona erer. Klasik ÇKKV yöntemlerinde, ölçüt ağırlıklarının kesin olarak bilindiği varsayılmaktadır. Karar sonucu gelecekte çeşitli olasılıkların ortaya çıkabilme ihtimali ölçüt ağırlıklarının doğru belirlenip belirlenemediği konusunda soru işaretlerine sebep olur (Asadabadi, 2018).

Gerçek hayatta karar verme sürecindeki belirsizlikler bu sürecin ayrılmaz bir parçasıdır. Gerçek hayat problemleri çok ölçüte sahiptir, sayısal ve sözel net olmayan bir sürü parametre içermekte ve subjektif insan algıları ve

değerlendirmeleri belirsizlik içermektedir. Bunun gibi çok faktör içeren, risk ve belirsizliğin olduğu ortamlarda Bulanık küme ile bütünleşmiş ÇKKV yöntemleri yani Bulanık ÇKKV yöntemleri kullanılması gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmeyi sağlayacaktır.

Karar verme eylemi genellikle belirsiz, bulanık ve net sayısal verilerle ifade edilmeye uygun değildir. Bulanık ÇKKV yöntemleri, kriterleri ve alternatifleri değerlendirmede “Çok Düşük”, “Düşük”, “Orta Düşük”, “Orta”, “Yüksek” ve “Çok Yüksek” gibi dilsel değişkenleri kullanma olanağı sunar ve aynı zamanda belirsiz ve kesin olmayan verileri sayısallaştırarak etkin sonuçlar vermeye yarar. Bulanık mantığın kullanılmasının diğer önemli bir avantajı kriterlerinin önem derecelerinin net sayılar yerine bulanık sayılar ile ifade edilmesidir. Bulanık mantık iki tercih seçeneği hakkında “doğru”, “yanlış” gibi bulanık dilsel terimleri sayısallaştırarak bize tercih imkânı sunabildiği için çok tercih edilmekte ve olumlu sonuçlar vermektedir (Topkarcı, 2013). ÇKKV için literatürde en bilinen ve tercih edilen yöntemler ANP, AHP, TOPSİS, VİKOR ve DEMATEL’dir.

Tip-2 bulanık kümeler tip-1 kümelerine nazaran daha fazla parametre içerdiği için tasarım yapısı olarak daha kuvvetlidir ve tip-1 bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları net değerlerden oluşurken tip-2 bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları tip-1 bulanık sayılardan oluşmaktadır. Tip-2 bulanık kümeler hem parametre ve boyut olarak hem de üyelik fonksiyonlarının da bulanık değerler alması sebepleri ile sonuçların hassaslığını ve güvenilirliğini arttırmaktadır. Bu nedenle bu tez kapsamında belirsizlik karşısında daha iyi sonuçlar elde etmek amacı ile tip-2 bulanık kümelerden yararlanılmıştır.

Bu tez kapsamında basit bir hesaplama sürecine, sistematik bir prosedüre ve insan seçiminin gerekçesini temsil eden sağlam bir mantığa sahip olması sebebi ile TOPSİS, tip-1 bulanık ve tip-2 bulanık kümeler ile birlikte kullanılarak tip-1 bulanık TOPSİS ve tip-2 bulanık TOPSİS yöntemleri incelenecektir.

5. METODOLOJİ

Bu bölümde Yeşil Performans değerlendirme çalışması için kullanılan Tip-1 Bulanık TOPSİS, Tip-2 Bulanık Kümeler ve Tip-2 Bulanık TOPSİS yaklaşımları ele alınmıştır.

5.1. Bulanık TOPSİS

Hwang ve Yoon (1981) tarafından önerilen TOPSİS, temel mantığı pozitif ideal çözüme en kısa ve negatif ideal çözüme en uzak olacak şekilde optimal çözüm elde etmek olan ÇKKV yöntemidir (Büyükoçkan ve Çifçi, 2012). Bulanık TOPSİS belirsizlik altındaki ÇKKV problemlerini çözmeye yarar.

Kriterlerin önem derecesini belirleyecek ve alternatifleri değerlendirecek karar vericiler D_r ($r=1,2,3$) şeklinde ifade edilmektedir. \tilde{W}_r^j , r. karar vericinin j. kritere verdiği önem derecesini ifade eder. \tilde{x}_{ij}^r , r. karar vericinin i. alternatif için verdiği j. kriteri karşılama düzeyini ifade eder.

Yöntem aşağıdaki adımları içermektedir:

1.Adım: Kriterler belirlenir.

2.Adım: Her bir kriter için kriterlerin önem düzeyi ve alternatiflerin derecelendirilmesi Eşitlik (5.1 ve 5.2) 'den yararlanılarak hesaplanır.

$$\tilde{w}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \dots + \tilde{w}_j^k] \quad (5.1)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^k] \quad (5.2)$$

Karar vericiler tarafından kriterlerin önem düzeyi ve alternatiflerin kriterleri karşılama düzeylerinin dilsel terimlerden yararlanılarak belirlenmesinde kriterlerin önem düzeyleri için dilsel karşılıklar Çizelge 5.1 ve alternatiflerin kriterleri karşılama düzeyi için dilsel karşılıklar Çizelge 5.2 'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kriterler için dilsel terimler ve karşılık gelen tip-1 bulanık kümeler

Dilsel Terimler	Aralık Tip-1 Bulanık Kümeler
Çok Düşük (ÇD)	(0.00,0.00,0.00,0.10;1,1)
Düşük (D)	(0.00,0.10,0.10,0.30;1,1)
Orta Düşük (OD)	(0.10,0.30,0.30,0.50;1,1)
Orta (O)	(0.30,0.50,0.50,0.70;1,1)
Orta Yüksek (OY)	(0.50,0.70,0.70,0.90;1,1)
Yüksek (Y)	(0.70,0.90,0.90,1.00;1,1)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.90,1.00,1.00,1.00;1,1)

Çizelge 5.2. Alternatifler için dilsel terimler ve karşılık gelen tip-1 bulanık kümeler

Dilsel Terimler	Aralık Tip-1 Bulanık Kümeler
Çok Zayıf (ÇZ)	(0,0,0,1;1,1)
Zayıf (Z)	(0,1,1,3;1,1)
Orta Zayıf (OZ)	(1,3,3,5;1,1)
Orta (O)	(3,5,5,7;1,1)
Orta İyi (Oİ)	(5,7,7,9;1,1)
İyi (İ)	(7,9,9,10;1,1)
Çok İyi (Çİ)	(9,10,10,10;1,1)

3.Adım: Bulanık ÇKKV problemi Eşitlik 3'ten yararlanılarak matris formuna dönüştürülür.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3, \dots, \tilde{w}_n] \quad (5.4)$$

4.Adım: Normalizasyon işlemi uygulanarak \tilde{R} ile gösterilen normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (5.5)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), j \in B \quad (5.6)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), j \in C \quad (5.7)$$

$$c_j^* = \max_i c_{ij} \text{ eğer } j \in B \quad (5.8)$$

$$a_j^- = \min_i a_{ij} \text{ eğer } j \in C \quad (5.9)$$

Burada, B fayda kriterleri kümesini C ise maliyet kriterleri kümesini ifade etmektedir.

5.Adım: Her kriterin farklı önem düzeyini hesaba katarak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi Eşitlik (5.10 ve 5.11) yardımı ile oluşturulur.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i=1,2,\dots,m \text{ ve } j=1,2,\dots,n \quad (5.10)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{x}_{ij} \times \tilde{w}_j \quad (5.11)$$

6.Adım: Bulanık pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm Eşitlik (5.12, 5.13 ve 5.14) kullanılarak hesaplanır.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad (5.12)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (5.13)$$

$$\tilde{v}_j^* = (1,1,1) \text{ ve } \tilde{v}_j^- = (0,0,0) \quad j=1,2,\dots,n \quad (5.14)$$

7.Adım: Eşitlik (5.15 ve 5.16) kullanılarak her alternatifin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan mesafesi (uzaklığı) hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i=1,2,\dots,m \quad (5.15)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i=1,2,\dots,m \quad (5.16)$$

8.Adım: Her bir alternatif için pozitif ideal çözüme olan uzaklık ve negatif çözüme olan uzaklıklar hesaba katılarak yakınlık indeksi hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (5.17)$$

Yakınlık indeksine göre alternatifler büyükten küçüğe sıralanır. Bu sıralama en iyiden en kötüye alternatiflerin sıralamasıdır.

5.2. Tip-2 Bulanık Kümeler

Lotfi Zadeh tarafından ortaya atılan Tip-1 bulanık kümeler iki boyutlu tip-2 bulanık kümeler ise üç boyutludur. Tip-1 bulanık kümeler belirsizliği belli bir oranda giderirken çoğu noktada yetersiz kalabilmektedir. Tip-2 bulanık kümelerdeki 3. boyut belirsizliklerin doğrudan modellenmesini sağlayan ilave serbestlik derecesi sağladığı için daha fazla belirsizliğin giderilmesine yardımcı olmaktadır (Ayvaz ve Kuşakçı, 2017). İki küme arasındaki bu belirsizliğin giderilmesi farkının matematiksel yönden ispatı olmasa da yapılan çalışmalarda Tip-2 bulanık kümelerin Tip-1 bulanık kümelere nazaran daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir.

Tip-2 bulanık kümeler üyelik fonksiyonları ile ifade edilmektedir. \tilde{A} ile gösterilen bir tip-2 bulanık kümesi $x \in X$ ve $u \in J_x \subseteq [0,1]$ olan bir tip-2 üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x, u)$ ile ifade edilmektedir.

$$\tilde{A} = \left\{ \left((x, u), \mu_{\tilde{A}}(x, u) \right) \mid \forall x \in X, \forall u \in J_x \subseteq [0,1], 0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x, u) \leq 1 \right\}$$

$J_x \subseteq [0,1]$ olmak üzere \tilde{A} Tip-2 bulanık kümesi aşağıdaki gibi de gösterilebilmektedir:

$$\tilde{A} = \int_{x \in X} \int_{u \in J_x} \mu_{\tilde{A}}(x, u) / (x, u)$$

5.3. Tip-2 İnterval Üyelik Fonksiyonları

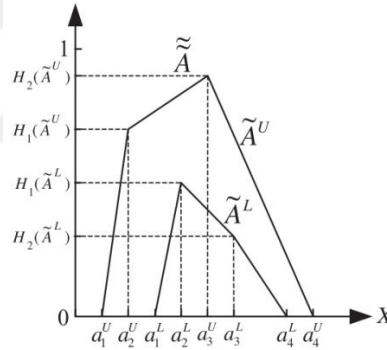
Bir tip-2 interval bulanık kümenin alt ve üst üyelik fonksiyonları tip-1 bulanık kümelerdir. Bir X evrensel kümesinde \tilde{A} tip-2 interval bulanık küme,

$$\tilde{A}_i = (\tilde{A}_i^U, \tilde{A}_i^L) = (a_{i1}^U, a_{i2}^U, a_{i3}^U, a_{i4}^U; H_1(\tilde{A}_i^U), H_2(\tilde{A}_i^U)), (a_{i1}^L, a_{i2}^L, a_{i3}^L, a_{i4}^L; H_1(\tilde{A}_i^L), H_2(\tilde{A}_i^L))$$

ile ifade edilmektedir. Burada $H_j(\tilde{A}_i^U), a_{i(j+1)}^U$ 'in üst yamuk üyelik fonksiyonu \tilde{A}_i^U 'deki üyelik değerini gösterir ($\tilde{A}_i^U, 1 \leq j \leq 2$). Aynı şekilde $H_j(\tilde{A}_i^L), a_{i(j+1)}^L$ 'in alt yamuk üyelik fonksiyonu üyelik \tilde{A}_i^L 'deki üyelik fonksiyonunu gösterir.

$$\tilde{A}_i^L, 1 \leq j \leq 2, H_j(\tilde{A}_i^U) \in [0,1], H_1(\tilde{A}_i^L) \in [0,1], H_2(\tilde{A}_i^L) \in [0,1], 1 \leq j \leq n.$$

Tip-2 bulanık sayılara ait ikizkenar yamuk Tip-2 üyelik fonksiyonu grafiği aşağıda Şekil 5.1'de gösterilmiştir (Ayvaz ve Kuşakçı, 2017).



Şekil 5.1. Tip-2 ikizkenar yamuk üyelik fonksiyonu

5.4. Tip-2 İnterval Bulanık Kümeler Üzerine İşlemler

\tilde{A}_1 ve \tilde{A}_2 iki yamuk interval bulanık küme olmak üzere,

$$\tilde{A}_1 = (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) = (a_{11}^U, a_{12}^U, a_{13}^U, a_{14}^U; H_1(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_1^U)), (a_{11}^L, a_{12}^L, a_{13}^L, a_{14}^L; H_1(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_1^L))$$

$$\tilde{A}_2 = (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) = (a_{21}^U, a_{22}^U, a_{23}^U, a_{24}^U; H_1(\tilde{A}_2^U), H_2(\tilde{A}_2^U)), (a_{21}^L, a_{22}^L, a_{23}^L, a_{24}^L; H_1(\tilde{A}_2^L), H_2(\tilde{A}_2^L))$$

Bu iki küme arasındaki aritmetik işlemler şu şekilde tanımlanmıştır:

Tanım 1. \tilde{A}_1 ve \tilde{A}_2 yamuk interval bulanık kümeler arasında toplama işlemi aşağıdaki gibi yapılır.

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \oplus (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) = [a_{11}^U + a_{21}^U, a_{12}^U + a_{22}^U, a_{13}^U + a_{23}^U, a_{14}^U + a_{24}^U; \min(H_1(\tilde{A}_1^U), H_1(\tilde{A}_2^U)), \min(H_2(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_2^U))], [(a_{11}^L + a_{21}^L, a_{12}^L + a_{22}^L, a_{13}^L + a_{23}^L, a_{14}^L + a_{24}^L); \min(H_1(\tilde{A}_1^L), H_1(\tilde{A}_2^L)), \min(H_2(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_2^L))]$$

Tanım 2. \tilde{A}_1 ve \tilde{A}_2 kümeleri arasında çıkarma işlemi:

$$\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 = (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \ominus (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) = [a_{11}^U - a_{21}^U, a_{12}^U - a_{22}^U, a_{13}^U - a_{23}^U, a_{14}^U - a_{24}^U; \min(H_1(\tilde{A}_1^U), H_1(\tilde{A}_2^U)), \min(H_2(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_2^U))], [(a_{11}^L - a_{21}^L, a_{12}^L - a_{22}^L, a_{13}^L - a_{23}^L, a_{14}^L - a_{24}^L); \min(H_1(\tilde{A}_1^L), H_1(\tilde{A}_2^L)), \min(H_2(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_2^L))]$$

Tanım 3. \tilde{A}_1 ve \tilde{A}_2 kümeleri arasında çarpma işlemi:

$$\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) \otimes (\tilde{A}_2^U, \tilde{A}_2^L) = [a_{11}^U \times a_{21}^U, a_{12}^U \times a_{22}^U, a_{13}^U \times a_{23}^U, a_{14}^U \times a_{24}^U; \min(H_1(\tilde{A}_1^U), H_1(\tilde{A}_2^U)), \min(H_2(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_2^U))], [(a_{11}^L \times a_{21}^L, a_{12}^L \times a_{22}^L, a_{13}^L \times a_{23}^L, a_{14}^L \times a_{24}^L); \min(H_1(\tilde{A}_1^L), H_1(\tilde{A}_2^L)), \min(H_2(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_2^L))]$$

Tanım 4. \tilde{A}_1 bulanık kümesinin k ile çarpılması/ k'ya bölünmesi

$$\tilde{A}_1 = (\tilde{A}_1^U, \tilde{A}_1^L) = (a_{11}^U, a_{12}^U, a_{13}^U, a_{14}^U; H_1(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_1^U)), (a_{11}^L, a_{12}^L, a_{13}^L, a_{14}^L; H_1(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_1^L))$$

Olmak üzere;

$$k\tilde{A}_1 = (k \times a_{11}^U, k \times a_{12}^U, k \times a_{13}^U, k \times a_{14}^U; H_1(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_1^U)), [k \times a_{11}^L, k \times a_{12}^L, k \times a_{13}^L, k \times a_{14}^L; H_1(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_1^L)]$$

$$\frac{\tilde{A}_1}{k} = \left(\frac{a_{11}^U}{k}, \frac{a_{12}^U}{k}, \frac{a_{13}^U}{k}, \frac{a_{14}^U}{k}; H_1(\tilde{A}_1^U), H_2(\tilde{A}_1^U) \right), \left(\frac{a_{11}^L}{k}, \frac{a_{12}^L}{k}, \frac{a_{13}^L}{k}, \frac{a_{14}^L}{k}; H_1(\tilde{A}_1^L), H_2(\tilde{A}_1^L) \right)$$

Tanım 5. İkizkenar yamuk aralık bulanık Tip-2 küme \tilde{A}_i 'nin sıralama değeri $\text{Rank}(\tilde{A}_i)$ şu şekilde tanımlanmıştır:

$$\begin{aligned} \text{Rank}(\tilde{A}_i) = & M_1(\tilde{A}_i^U) + M_1(\tilde{A}_i^L) + M_2(\tilde{A}_i^U) + M_2(\tilde{A}_i^L) + M_3(\tilde{A}_i^U) + M_3(\tilde{A}_i^L) - \\ & \frac{1}{4}(S_1(\tilde{A}_i^U) + S_1(\tilde{A}_i^L) + S_2(\tilde{A}_i^U) + S_2(\tilde{A}_i^L) + S_3(\tilde{A}_i^U) + S_3(\tilde{A}_i^L) + S_4(\tilde{A}_i^U) + \\ & S_4(\tilde{A}_i^L)) + H_1(\tilde{A}_i^U) + H_1(\tilde{A}_i^L) + H_2(\tilde{A}_i^U) + H_2(\tilde{A}_i^L) \end{aligned}$$

Burada $M_p(\tilde{A}_i^j)$, a_{ip}^j ve $a_{i(p+1)}^j$ 'nin ortalamasını ifade etmektedir. a_{ip}^j ve $a_{i(p+1)}^j$ Elemanlarının standart sapmasını $M_p(\tilde{A}_i^j) = \frac{(a_{ip}^j + a_{i(p+1)}^j)}{2}$, $1 \leq p \leq 3$, ifade etmektedir.

$$S_p(\tilde{A}_i^j) = \sqrt{\frac{1}{2} \sum_{k=q}^{q+1} (a_{ik}^j - \frac{1}{2} \sum_{k=q}^{q+1} a_{ik}^j)^2}, 1 \leq q \leq 3,$$

$S_4(\tilde{A}_i^j)$, $a_{i1}^j, a_{i2}^j, a_{i3}^j, a_{i4}^j$ elemanlarının standart sapmasını ifade etmektedir.

$S_4(\tilde{A}_i^j) = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 (a_{ik}^j - \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 a_{ik}^j)^2}$ ve $H_p(\tilde{A}_i^j)$ değeri $a_{i(p+1)}^j$ elemanının ikizkenar yamuk üyelik fonksiyonundaki üyelik değerini göstermektedir.

$$\tilde{A}_i^j, 1 \leq p \leq 3, j \in \{U, L\}, \text{ ve } 1 \leq i \leq n.$$

5.5. Tip-1 ve Tip-2 Bulanık Kümelerin Karşılaştırılması ve Tip-2 Bulanık Kümelerin Teze Katkısı

Geleneksel bulanık kümeler olarak da adlandırılan tip-1 bulanık kümeler Lotfi Zadeh tarafından ortaya atılarak belirsizlikleri bir oranda gidermeyi sağlamakta olup, iki boyutlu bir yapıya sahip, üyelik fonksiyonları 0 ile 1 aralığında net değerlerden oluşmakta ve çoğu noktada belirsizlikleri giderme anlamında kısıtlı kalmaktadır. Tip-1 bulanık kümelerin genişletilmiş versiyonu olarak karşımıza çıkan tip-2 bulanık kümeler üç boyutlu bir yapıdadır ve üyelik fonksiyonları 0 ile 1 aralığındaki tip-1 bulanık kümeler ile ifade edilmektedir. Tip-2 bulanık kümeler, tip-1 bulanık kümelere nazaran belirsizliği daha iyi modelleyebilmekte ve daha hassas sonuçlar elde etmeyi sağlamaktadır (Topkarcı, 2013).

Belirsizliklerin kaynağı olarak tip-1 bulanık kümelere en az 4 sebep karşımıza çıkmaktadır (Erdoğan, 2013):

- Kelime anlamları kişilerce farklı anlaşılan,
- Farklı görüşlere sahip uzmanlardan elde edilen veriler,
- Ölçümlerin dağınık ve belirsiz olması,
- Tip-1 bulanık kümelerinin parametrelerini ayarlamak için kullanılan verilerin dağınık olması.

Tip-1 bulanık kümeler, yukarıda belirtilen nedenlerden kaynaklı belirsizlikleri doğrudan modellemeyi üyelik fonksiyonlarının net değerler olması sebebi mümkün kılmaz. Öte yandan tip-2 bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarının kendisi de bulanık yapıda olduğu için bu belirsizlikleri modellemeyi mümkün kılmaktadır. Tip-2 bulanık kümelerin üçüncü boyutu da ilave serbestlik derecesi sağlayarak belirsizlikleri modellemeyi mümkün kılar (Erdoğan, 2013; Ayvaz ve Kuşakçı 2017).

Tip-2 bulanık kümelerin uygulanabilir olduğu durumlar aşağıdaki gibi maddelendirilmiştir (Erdoğan, 2013):

- Verilerin zaman içerisinde değiştiği biliniyor fakat bu değişkenliğin matematiksel ifadesi belirsiz/ bilinmiyor ise,
- Ölçümlerin dağınık durağan olmadığı biliniyor ve durağanlığın matematiksel ifadesi belirsiz/ bilinmiyor ise,
- Anket yöntemi ile uzman değerlendirmesine başvurularak elde edilen veriler dilsel, belirsiz ifadelerden oluşuyor ise,
- Değişkenler ölçülemeyen bir tanım kümesine ait ise

Tip-2 bulanık kümeler bu belirsizlikleri modellemeyi mümkün kılmaktadır.

Bu tez kapsamında yeşil performans değerlendirme çalışmasına veri sağlamak amacı ile "Çok Düşük", "Düşük", "Yüksek", "Çok Yüksek" gibi dilsel değerlendirme seçenekleri sunan ve uzman değerlendirmesine başvuru anket yöntemi ile veri elde edilmiştir. Yukarıda da ifade edildiği gibi bu dilsel seçenekler ve uzmanlara başvuru ile elde edilen dilsel veriler, her uzman tarafından çağrıştırdığı anlamlar farklılık teşkil edebileceği, subjektif değerlendirmelere başvurulması ve her uzman görüşünün her bir alternatif için aynı olmayacağı sebepleri ile belirsizliği arttıracak ve tip-1 bulanık kümeler belirsizliği modelleme anlamında yetersiz kalabilecektir. Üçüncü boyutun

sağladığı serbestlik derecesi, üyelik fonksiyonlarının da bulanık kümelerden oluşuyor olması ve anket ile dilsel seçenekler sunan veri toplama yöntemi ile elde edilen verilerdeki belirsizliği modelleme anlamında tip-2 bulanık kümeler daha hassas sonuçlar elde etmeye olanak sağlayacaktır.

Bu nedenle bu çalışmada anket ile sağlanan verilerin belirsizliğini daha iyi modelleyebilmek amacı ile tip-2 bulanık kümeler kullanılmıştır.

5.6. Tip-2 Bulanık Kümelere Dayanan TOPSİS

Tip-1 bulanık Bulanık TOPSİS 2 boyutlu Tip-2 Bulanık TOPSİS 3 boyutlu bulanık elemanlar içerir ve Tip-2 Bulanık kümelerdeki 3. Boyut ilave serbestlik derecesi sağlayarak daha çok belirsizliği giderdiği düşünülmektedir.

X alternatifleri $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ve Y kriterleri $Y=\{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ ifade etmek üzere, kriterleri ifade eden Y kümesi iki kümede (Y1 ve Y2) ifade edilebilir. Burada Y1 kümesi fayda kriterleri kümesini ifade ederken Y2 maliyet kriterleri kümesini ifade etmekte $Y1 \cap Y2=\emptyset$ ve $Y1 \cup Y2=Y$ 'dir. K adet karar verici $D_1, D_2, \dots, \text{and } D_k$ şeklinde ifade edilmiştir. Yöntem aşağıdaki adımları takip etmektedir:

1.Adım: Dilsel terimler ve ikizkenar yamuk bulanık mantık kullanılarak k adet karar vericinin bu dilsel terimleri kullanarak değerlendirileceği karar matrisi oluşturulmuştur. Dilsel terimler ve bulanık küme karşılıkları kriterler için Çizelge 5.3 'te alternatifler için ise Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Kriterler için dilsel terimler ve karşılık gelen tip-2 bulanık kümeler

Dilsel Terimler	Aralık Tip-2 Bulanık Kümeler
Çok Düşük (ÇD)	$((0,0,0,0.1;1,1),(0,0,0,0.05;0.9,0.9))$
Düşük (D)	$((0,0.1,0.1,0.3;1,1),(0.05,0.1,0.1,0.2;0.9,0.9))$
Orta Düşük (OD)	$((0.1,0.3,0.3,0.5;1,1),(0.2,0.3,0.3,0.4;0.9,0.9))$
Orta (O)	$((0.3,0.5,0.5,0.7;1,1),(0.4,0.5,0.5,0.6;0.9,0.9))$
Orta Yüksek (OY)	$((0.5,0.7,0.7,0.9;1,1),(0.6,0.7,0.7,0.8;0.9,0.9))$
Yüksek (Y)	$((0.7,0.9,0.9,1;1,1),(0.8,0.9,0.9,0.95;0.9,0.9))$
Çok Yüksek (ÇY)	$((0.9,1,1,1;1,1),(0.95,1,1,1;0.9,0.9))$

Çizelge 5.4. Alternatifler için dilsel terimler ve karşılık gelen tip-2 bulanık kümeler

Dilsel Terimler	Aralık Tip-2 Bulanık Kümeler
Çok Zayıf (ÇZ)	$((0,0,0,0.1;1,1),(0,0,0,0.05;0.9,0.9))$
Zayıf (Z)	$((0,0.1,0.1,0.3;1,1),(0.05,0.1,0.1,0.2;0.9,0.9))$
Orta Zayıf (OZ)	$((0.1,0.3,0.3,0.5;1,1),(0.2,0.3,0.3,0.4;0.9,0.9))$
Orta (O)	$((0.3,0.5,0.5,0.7;1,1),(0.4,0.5,0.5,0.6;0.9,0.9))$
Orta İyi (Oİ)	$((0.5,0.7,0.7,0.9;1,1),(0.6,0.7,0.7,0.8;0.9,0.9))$
İyi (İ)	$((0.7,0.9,0.9,1;1,1),(0.8,0.9,0.9,0.95;0.9,0.9))$
Çok İyi (Çİ)	$((0.9,1,1,1;1,1),(0.95,1,1,1;0.9,0.9))$

$$Y_k = (\tilde{y}_{ij}^k)_{m \times n} = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ y_1 & \tilde{y}_{11}^k & \tilde{y}_{12}^k & \dots & \tilde{y}_{1n}^k \\ y_2 & \tilde{y}_{21}^k & \tilde{y}_{22}^k & \dots & \tilde{y}_{2n}^k \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_m & \tilde{y}_{m1}^k & \tilde{y}_{m2}^k & \dots & \tilde{y}_{mn}^k \end{matrix} \quad (5.18)$$

$$\bar{Y} = (\tilde{y}_{ij})_{m \times n} \quad (5.19)$$

Burada, $\tilde{y}_{ij} = \left(\frac{\tilde{y}_{ij}^1 \otimes \tilde{y}_{ij}^2 \otimes \tilde{y}_{ij}^3 \otimes \tilde{y}_{ij}^4}{k} \right)$, \tilde{y}_{ij} bir aralık tip- 2 bulanık küme, $1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, 1 \leq p \leq k$ ve k karar vericilerin sayısını belirtir.

2.Adım: W_k k. karar vericinin kriterlerinden elde edilen ağırlık matrisi ve ortalama ağırlık matrisi \bar{W} 'nin hesaplanması:

$$W_k = (\tilde{w}_i^k)_{1 \times n} = \begin{bmatrix} y_1 & y_2 & \dots & y_n \\ \tilde{w}_1^k & \tilde{w}_2^k & \dots & \tilde{w}_m^k \end{bmatrix} \quad (5.20)$$

$$\bar{W} = (\tilde{w}_i)_{1 \times m} \quad (5.21)$$

Burada $\tilde{w}_i = \left(\frac{\tilde{w}_i^1 \otimes \tilde{w}_i^2 \otimes \tilde{w}_i^3 \otimes \tilde{w}_i^4}{k} \right)$, \tilde{w}_i bir aralık tip-2 bulanık küme ve k karar vericilerin sayısını belirtir. $1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n, 1 \leq p \leq k$.

3.Adım: Ağırlıklandırılmış karar matrisi \bar{Y}_w 'nin hesaplanması:

$$\bar{Y}_w = (\tilde{v}_{ij})_{m \times n} = \begin{matrix} & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ y_1 & \tilde{v}_{11} & \tilde{v}_{12} & \dots & \tilde{v}_{1n} \\ y_2 & \tilde{v}_{21} & \tilde{v}_{22} & \dots & \tilde{v}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_m & \tilde{v}_{m1} & \tilde{v}_{m2} & \dots & \tilde{v}_{mn} \end{matrix} \quad (5.22)$$

4.Adım: Aralık tip-2 bulanık küme \tilde{v}_{ij} 'nin $\text{Rank}(\tilde{v}_{ij})$ sıralama değeri hesaplanır. Burada $1 \leq j \leq n$. Sıralama ağırlıklı karar matrisi \bar{Y}_w^* elde edilir:

$$\begin{aligned} \text{Rank}(\tilde{A}_i) &= M_1(\tilde{A}_i^U) + M_1(\tilde{A}_i^L) + M_2(\tilde{A}_i^U) + M_2(\tilde{A}_i^L) + M_3(\tilde{A}_i^U) + M_3(\tilde{A}_i^L) - \\ &\frac{1}{4}(S_1(\tilde{A}_i^U) + S_1(\tilde{A}_i^L) + S_2(\tilde{A}_i^U) + S_2(\tilde{A}_i^L) + S_3(\tilde{A}_i^U) + S_3(\tilde{A}_i^L) + S_4(\tilde{A}_i^U) + \\ &S_4(\tilde{A}_i^L)) + H_1(\tilde{A}_i^U) + H_1(\tilde{A}_i^L) + H_2(\tilde{A}_i^U) + H_2(\tilde{A}_i^L) \end{aligned} \quad (5.23)$$

$$\bar{Y}_w^* = \text{Rank}(\tilde{v}_{ij})_{m \times n} \quad (5.24)$$

$$1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n.$$

5.Adım: Pozitif ideal çözüm $x^+ = (v_1^+, v_1^+, \dots, v_m^+)$ ve negatif ideal çözüm $x^- = (v_1^-, v_1^-, \dots, v_m^-)$ bulunur. Y_1 fayda kriterleri kümesini, Y_2 maliyet kriterleri kümesini ifade eder ve $1 \leq i \leq m$.

$$v_i^+ = \begin{cases} \max\{\text{Rank}(\tilde{v}_{ij}), \text{eğer } y_i \in Y_1 \\ \min\{\text{Rank}(\tilde{v}_{ij}), \text{eğer } y_i \in Y_2 \end{cases} \quad 1 \leq j \leq n \quad (5.25)$$

ve

$$v_i^- = \begin{cases} \min\{\text{Rank}(\tilde{v}_{ij}), \text{eğer } y_i \in Y_1 \\ \max\{\text{Rank}(\tilde{v}_{ij}), \text{eğer } y_i \in Y_2 \end{cases} \quad 1 \leq j \leq n \quad (5.26)$$

6.Adım: Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar bulunarak göreceli yakınlık indeksi $C(x_j)$ hesaplanır.

$$d^+(x_j) = \sqrt{\sum_{i:1}^m (\text{Rank}(\tilde{v}_{ij}) - v_i^+)^2}, \quad (5.27)$$

$$d^-(x_j) = \sqrt{\sum_{i:1}^m (\text{Rank}(\tilde{v}_{ij}) - v_i^-)^2}, \quad (5.28)$$

$$C(x_j) = \frac{d^-(x_j)}{d^+(x_j) + d^-(x_j)} \quad (5.29)$$

7.Adım: Son adımda $C(x_j)$ yakınlık skorları büyükten küçüğe sıralanır. Bu sıralama yeşil performanslarına göre alternatiflerin en iyiden en düşüğe doğru sıralanmasını ifade etmektedir.



6. UYGULAMA

Bu çalışmadaki temel amaç literatür taramasında belirtilen boşlukları doldurmak için tedarikçi seçmek yerine mevcut tedarikçinin performansını değerlendirecek ve iyileşmesine katkı sağlayacak bulanık tabanlı yeni bir model sunmaktır.

6.1. Yeşil Performans Değerlendirme

Yeşil performans değerlendirme için önerilen model 3. Parti Lojistik sağlayıcıları üzerine uygulanmıştır.

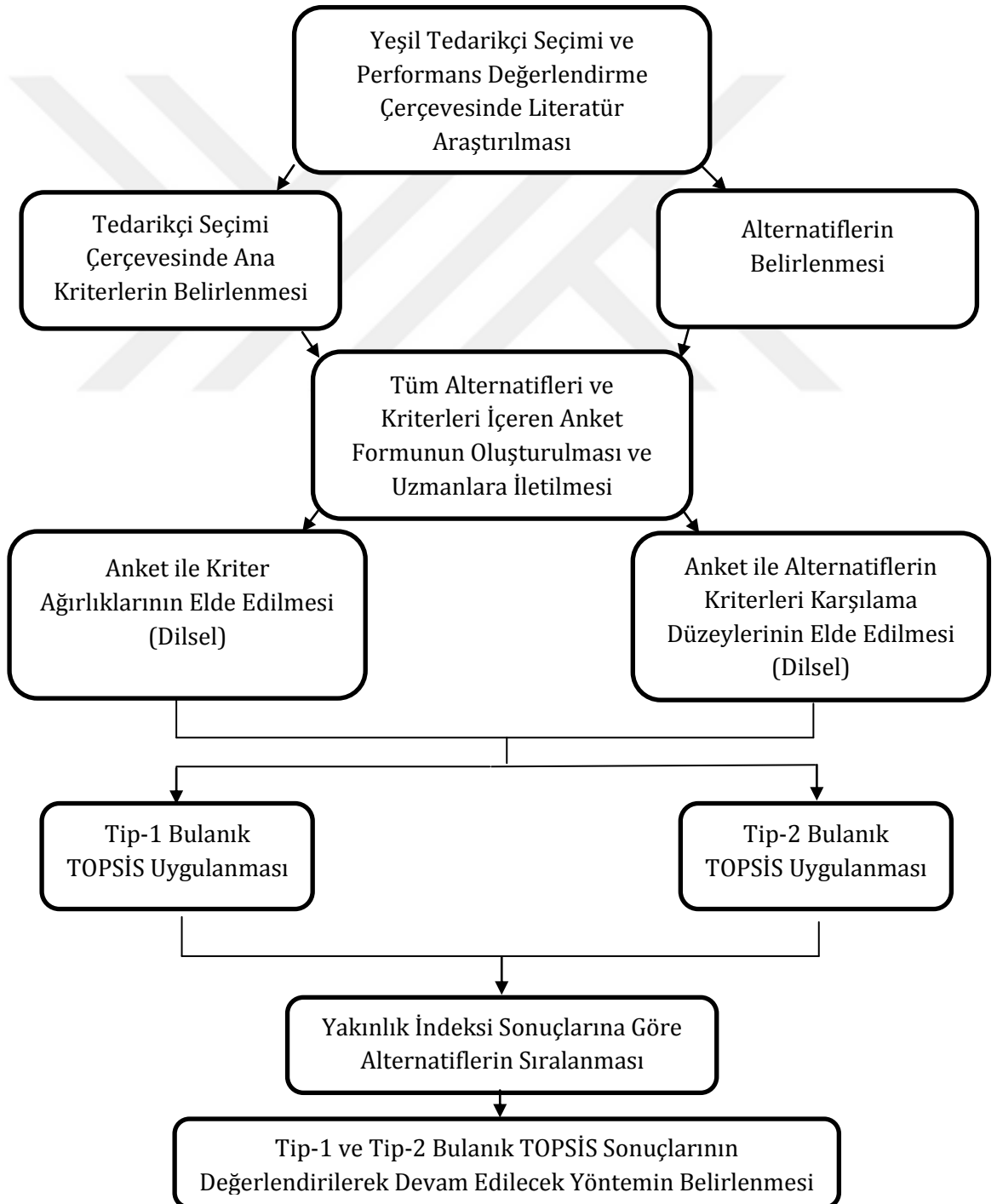
3 adet 3PL sağlayıcısını değerlendirmek üzere lojistik sektöründe uzman 3 karar vericinin görüşüne başvurulmuştur. 3 KV performans değerlendirme kriterlerinin önem derecelerini ve her bir 3PL sağlayıcısının kriterleri karşılama düzeyini değerlendirir.

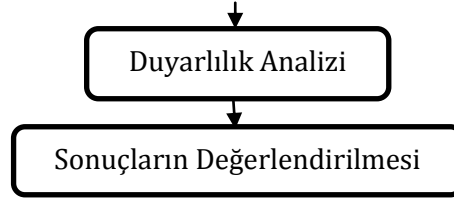
Hwang ve Yoon (1981) tarafından önerilen ve ÇKKV sorunlarını çözenin klasik yöntemlerinden biri olan TOPSİS yöntemi, seçilen alternatifin bir ÇKKV problemini çözmek için pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözümden en uzak mesafeye sahip olması gerektiği teorisine dayanmaktadır. TOPSİS, basit bir hesaplama sürecine, sistematik bir prosedüre ve insan seçiminin gerekçesini temsil eden sağlam bir mantığa sahiptir. Bu nedenlerle ve uzman görüşlerinden yararlanılması sebebi ile bu çalışmada yöntem olarak TOPSİS tercih edilmiştir.

Üç KV'nin değerlendirme aşamasında "Düşük", "Yüksek" gibi dilsel tercihler içeren anket yöntemine başvurulmuştur. İnsan görüşleri öznel, uyuşmayabilir ve her uzmanda her dilsel karşılığın anlamı farklı şeyler ifade edebilir. Bu nedenle belirsizlik içerir. Bu belirsizliği karşılamak ve gerçeği en iyi yansıtacak çözümler elde etmek amacıyla bulanık kümelerden yararlanılmıştır. Tip-1 bulanık kümelerin geliştirilmiş versiyonu olan tip-2 bulanık kümelerin 3. Boyuta sahip olması ve üyelik fonksiyonlarının tip-1 bulanık kümelerin aksine net değerlerden değil de tip-1 bulanık kümelerden oluşuyor olması belirsizlikleri daha iyi modelleme imkânı sunar. İnsan görüşlerinden ve dilsel terimlerden yararlandığında tip-2 bulanık kümelerin belirsizliği daha iyi modellemesi sebebi

ile ve bu çalışmada dilsel tercihler içeren insan görüşleri ile veri elde edildiği için tip-1 bulanık kümelerin yanı sıra daha hassas sonuçlar elde etmeye yarayacak tip-2 bulanık kümeler de kullanılmıştır.

TOPSİS yöntemi ile tip-1 bulanık kümeler ve tip-2 bulanık kümeler birlikte kullanılmış, “Tip-1 Bulanık TOPSİS” ve “Tip-2 Bulanık TOPSİS” iki farklı yöntem olarak yeşil performans değerlendirme için uygulanmış ve en iyi sonuçları veren model ile devam edilmiştir. Bu çalışma için önerilen yöntemde izlenen adımlar Şekil 6.1.’de gösterilmiştir.

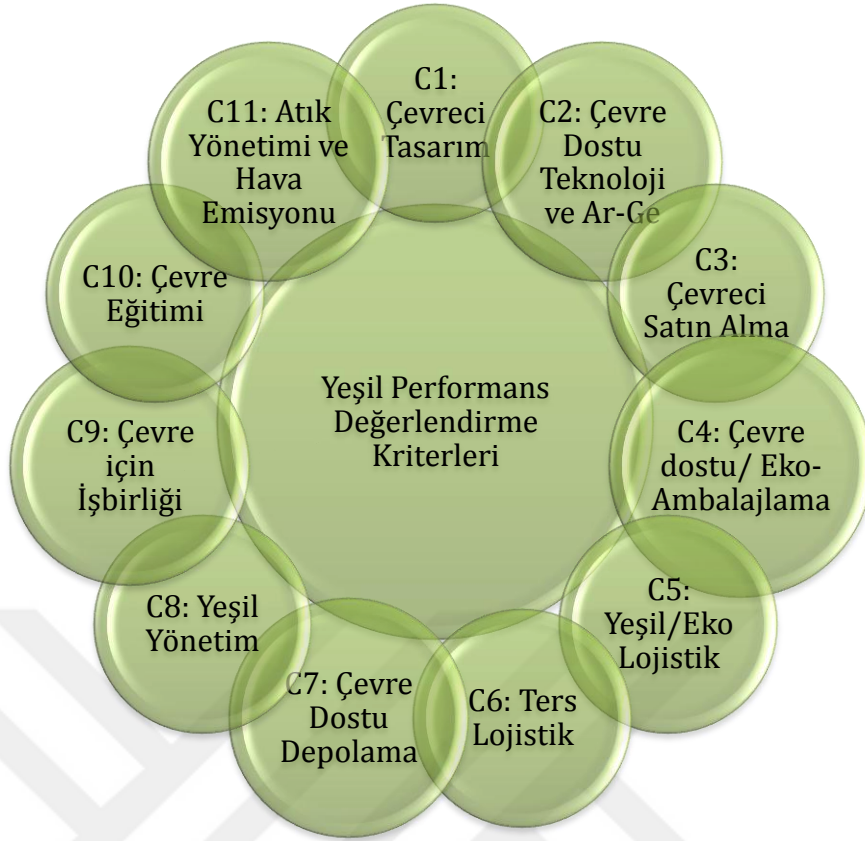




Şekil 6.1. Önerilen yöntem için akış şeması

6.2. Yeşil Performans Değerlendirme Kullanılan Kriterler

Yeşil Performans değerlendirme kriterlerini belirlemek için literatürde yapılan çalışmalarda kullanılan kriterler değerlendirilmiştir. Bu kapsamda yeşil tedarikçi seçimi çalışmaları çerçevesinde kullanılan kriterlerden yararlanılarak yeşil performans değerlendirme kriterleri belirlenmiştir. Performans değerlendirme için 3 alternatif firma $S_i(i=1,2,3)$, kriterlerin önem derecesini belirlemek ve alternatifleri değerlendirmek üzere üç karar verici $DM_k(k=1,2,3)$ ve firma performansını değerlendirmek için 11 kriter bulunmaktadır. Bu kriterler: C1: Çevreci Tasarım (Awasthi vd. 2010; Khodaverdi vd. 2013; Kannan vd. 2014; Laari vd. 2016; Govindan vd. 2017; Sari, 2017), C2: evre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge (Uygun ve Dede, 2016; Gupta vd. 2017), C3: Çevreci Satın Alma (Awasthi vd. 2010; Erol vd. 2011; Helmi vd. 2015), C4: evre Dostu/ Eko-Ambalajlama (Chhabra vd. 2017), C5: Yeşil/Eko Lojistik (Kannan vd. 2014; Uygun ve Dede, 2016; Sari, 2017), C6: Ters Lojistik (Yiner vd. 2011; Govindan vd. 2015; Laari vd. 2016), C7: evre Dostu Depolama (Rostamzadeh vd. 2015; Gupta vd. 2017), C8: Yeşil Yönetim (Cullinane ve Rashidi, 2019), C9: evre için İşbirliği (Chang vd. 2018), C10: evre Eğitimi (Awasthi vd. 2010; Khodaverdi vd. 2013), C11: Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu (Saen vd. 2014; Chang vd. 2018). Bu kriterler aşağıda Şekil 6.2' de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Yeşil performans değerlendirme kriterleri

Kriterlerin Yeşil performans değerlendirme çalışması için önem düzeylerinin belirlenmesi ve her bir alternatifin bu kriterleri karşılama düzeyleri üç uzman tarafından belirlenmiştir. Bu veriler dilsel tercihler içeren anket yöntemi ile elde edilmiştir. Kriterlerin önem düzeyleri için elde edilen anket verileri EK A.'da ve alternatiflerin kriterleri karşılama düzeyleri için elde edilen anket verileri EK B.'de verilmiştir.

6.3. Yeşil Performans Değerlendirme Tip-1 Bulanık TOPSİS Çözümü

Yeşil Performans Değerlendirme için Bulanık Tip-1 TOPSİS çözümü aşağıdaki adımları takip etmektedir.

Adım 1. Karar vericiler (DM1, DM2, DM3) Çizelge 5.1 'de verilen dilsel terimlerden yararlanarak yeşil performans değerlendirme çalışması için 11 kriterin önem düzeyini belirler.

Karar vericilerin Çizelge 5.1 'den yararlanarak yeşil performans değerlendirme çalışması için kriterin önem düzeyleri için verdiği dilsel karşılıklar Çizelge 6.1'de

ve ortalama kriter ağırlıkları aralık tip-1 bulanık karşılığı Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Karar vericilerin kriterlere verdiği dilsel ağırlıklar

Karar Verici:	DM1	DM2	DM3
Kriterler	Dilsel Ağırlıklar		
C1	ÇY	Y	ÇY
C2	Y	OY	ÇY
C3	Y	Y	ÇY
C4	D	D	ÇY
C5	ÇY	Y	ÇY
C6	Y	Y	OY
C7	Y	Y	ÇY
C8	Y	Y	ÇY
C9	OY	O	ÇY
C10	Y	Y	ÇY
C11	ÇY	Y	ÇY

Çizelge 6.2. Değerlendirme kriterlerinin tip-1 bulanık ağırlıkları

\tilde{w}_1	(0.83,0.97,0.97,1.00,1.00,1.00)
\tilde{w}_2	(0.70,0.87,0.87,0.97,1.00,1.00)
\tilde{w}_3	(0.77,0.93,0.93,1.00,1.00,1.00)
\tilde{w}_4	(0.30,0.40,0.40,0.53,1.00,1.00)
\tilde{w}_5	(0.83,0.97,0.97,1.00,1.00,1.00)
\tilde{w}_6	(0.63,0.83,0.83,0.97,1.00,1.00)
\tilde{w}_7	(0.77,0.93,0.93,1.00,1.00,1.00)
\tilde{w}_8	(0.77,0.93,0.93,1.00,1.00,1.00)
\tilde{w}_9	(0.57,0.73,0.73,0.87,1.00,1.00)
\tilde{w}_{10}	(0.77,0.93,0.93,1.00,1.00,1.00)
\tilde{w}_{11}	(0.83,0.97,0.97,1.00,1.00,1.00)

Adım 2. Karar vericiler (DM1, DM2, DM3), alternatiflerin (3PL sağlayıcılarının) (S1, S2, S3) Şekil 6.1 'de belirtilen 11 kriteri (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11) karşılama düzeylerini değerlendirir. Bu dilsel karşılıklar Çizelge 6.3.'te verilmiştir.

Çizelge 6.3. Alternatiflerin kriterleri karşılama düzeyi

	DM1			DM2			DM3		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
C1	İ	0	0	0İ	0	0	İ	İ	0
C2	Çİ	0Z	0İ	Çİ	0	0İ	Çİ	İ	0İ
C3	0İ	0İ	0	Çİ	0İ	0	İ	0İ	0
C4	0İ	0	0İ	İ	0İ	0İ	0İ	İ	0İ
C5	Çİ	İ	0	Çİ	0İ	0	Çİ	İ	0
C6	İ	0	0İ	İ	İ	0İ	İ	İ	0İ
C7	Çİ	İ	0İ	İ	İ	0İ	İ	İ	0İ
C8	İ	İ	0İ	Çİ	İ	0İ	Çİ	İ	0İ
C9	Çİ	0İ	0	İ	0İ	0	Çİ	İ	0
C10	Z	İ	Z	Çİ	İ	Z	0	İ	0Z
C11	ÇZ	0İ	0	Çİ	0İ	0	0	0İ	0

Adım 3. Çizelge 5.2 'deki dilsel terimlerin bulanık karşılıklarından yararlanılarak bulanık karar matrisi oluşturulmuş ve Çizelge 6.4 'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. Bulanık karar matrisi

		DM1	DM2	DM3
C1	S1	(7,9,9,10)	(5,7,7,9)	(7,9,9,10)
	S2	(3,5,5,7)	(3,5,5,7)	(7,9,9,10)
	S3	(3,5,5,7)	(3,5,5,7)	(3,5,5,7)
C2	S1	(9,10,10,10)	(9,10,10,10)	(9,10,10,10)
	S2	(1,3,3,5)	(3,5,5,7)	(7,9,9,10)
	S3	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)
C3	S1	(5,7,7,9)	(9,10,10,10)	(7,9,9,10)
	S2	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)
	S3	(3,5,5,7)	(3,5,5,7)	(3,5,5,7)
C4	S1	(5,7,7,9)	(7,9,9,10)	(5,7,7,9)
	S2	(3,5,5,7)	(5,7,7,9)	(7,9,9,10)
	S3	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)
C5	S1	(9,10,10,10)	(9,10,10,10)	(9,10,10,10)
	S2	(7,9,9,10)	(5,7,7,9)	(7,9,9,10)
	S3	(3,5,5,7)	(3,5,5,7)	(3,5,5,7)
C6	S1	(7,9,9,10)	(7,9,9,10)	(7,9,9,10)
	S2	(3,5,5,7)	(7,9,9,10)	(7,9,9,10)
	S3	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)
C7	S1	(9,10,10,10)	(7,9,9,10)	(7,9,9,10)
	S2	(7,9,9,10)	(7,9,9,10)	(7,9,9,10)
	S3	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)
C8	S1	(7,9,9,10)	(9,10,10,10)	(9,10,10,10)
	S2	(7,9,9,10)	(7,9,9,10)	(7,9,9,10)
	S3	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)
C9	S1	(9,10,10,10)	(7,9,9,10)	(9,10,10,10)
	S2	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)	(7,9,9,10)
	S3	(3,5,5,7)	(3,5,5,7)	(3,5,5,7)
C10	S1	(0,1,1,3)	(9,10,10,10)	(3,5,5,7)
	S2	(7,9,9,10)	(7,9,9,10)	(7,9,9,10)
	S3	(0,1,1,3)	(0,1,1,3)	(1,3,3,5)
C11	S1	(0,0,01)	(9,10,10,10)	(3,5,5,7)
	S2	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)	(5,7,7,9)
	S3	(3,5,5,7)	(3,5,5,7)	(3,5,5,7)

Adım 4,5.6. Bu adımlarda (4,5) sırası ile ortalama karar matrisi ve normalize edilmiş karar matrisi elde edilir. Daha sonra Adım 6'da Çizelge 6.2.'de verilen bulanık ağırlıklardan yararlanılarak ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi

oluşturulur. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi Çizelge 6.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 6.5. Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi

	S1	S2	S3
C1	(0.53, 0.81, 0.81, 0.97)	(0.36, 0.61, 0.61, 0.80)	(0.25, 0.48, 0.48, 0.70)
C2	(0.63, 0.87, 0.87, 0.97)	(0.26, 0.49, 0.49, 0.71)	(0.35, 0.61, 0.61, 0.87)
C3	(0.54, 0.81, 0.81, 0.97)	(0.38, 0.65, 0.65, 0.90)	(0.23, 0.47, 0.47, 0.70)
C4	(0.17, 0.31, 0.31, 0.50)	(0.15, 0.28, 0.28, 0.46)	(0.15, 0.28, 0.28, 0.48)
C5	(0.75, 0.97, 0.97, 1.00)	(0.53, 0.81, 0.81, 0.97)	(0.25, 0.28, 0.28, 0.70)
C6	(0.44, 0.75, 0.75, 0.97)	(0.36, 0.64, 0.64, 0.87)	(0.32, 0.58, 0.58, 0.87)
C7	(0.59, 0.87, 0.87, 1.00)	(0.54, 0.84, 0.84, 1.00)	(0.38, 0.65, 0.65, 0.90)
C8	(0.64, 0.90, 0.90, 1.00)	(0.54, 0.84, 0.84, 1.00)	(0.38, 0.65, 0.65, 0.90)
C9	(0.47, 0.71, 0.71, 0.87)	(0.32, 0.56, 0.56, 0.81)	(0.17, 0.37, 0.37, 0.61)
C10	(0.31, 0.50, 0.50, 0.67)	(0.54, 0.84, 0.84, 1.00)	(0.03, 0.16, 0.16, 0.37)
C11	(0.33, 0.48, 0.48, 0.60)	(0.42, 0.68, 0.68, 0.90)	(0.25, 0.48, 0.48, 0.70)

Adım 7, 8. Eşitlik (5.12-5.14) 'den yararlanarak pozitif ve negatif ideal çözümler belirlenir. Daha sonra Eşitlik (5.15-5.16) 'dan yararlanılarak her bir alternatifin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanır (Çizelge 6.6.).

Çizelge 6.6. Pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklık

	S1	S2	S3
d+	2,919	3,578	5,237
d-	5,281	4,789	3,141

Adım 9. Son olarak Eşitlik (5.17) 'den yararlanılarak her bir alternatif için yakınlık indeksi hesaplanır. Yakınlık indeksi sonuçları Çizelge 6.7 'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.7. Yakınlık indeksi

	S1	S2	S3
CC	0,644	0,572	0,375
Sıralama	1	2	3

Tip-1 Bulanık TOPSİS sonucuna göre yeşil performans açısından belirtilen kriterleri en iyi karşılayan 3PL sağlayıcısı S1'dir. Performans sıralaması ise S1>S2>S3 'dür.

6.4. Yeşil Performans Değerlendirme Tip-2 Bulanık TOPSİS Çözümü

Karar vericilerin (DM1, DM2, DM3) Çizelge 5.1 'de verilen dilsel terimlerden yararlanarak belirledikleri 11 kriterin önem düzeyleri için verdikleri dilsel karşılıkları Çizelge 6.1.'de verilmişti. Yine bu dilsel tercihlerden yararlanılarak Aralık Tip-2 Bulanık TOPSİS Çözümü aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

Adım 1. Çizelge 6.1.'deki kriterlerin dilsel karşılıklarından yararlanılarak ortalama kriter ağırlıkları aralık tip-2 bulanık küme karşılıkları Çizelge 6.8 'de verilmiştir.

Çizelge 6.8. Değerlendirme kriterlerinin tip-2 bulanık ağırlıkları

\tilde{w}_1	((0.83,0.97,0.97,1.00,1.00,1.00),(0.90,0.97,0.97,0.98,0.90,0.90))
\tilde{w}_2	((0.70,0.87,0.87,0.97,1.00,1.00),(0.78,0.87,0.87,0.92,0.90,0.90))
\tilde{w}_3	((0.77,0.93,0.93,1.00,1.00,1.00),(0.85,0.93,0.93,0.97,0.90,0.90))
\tilde{w}_4	((0.30,0.40,0.40,0.53,1.00,1.00),(0.35,0.40,0.40,0.47,0.90,0.90))
\tilde{w}_5	((0.83,0.97,0.97,1.00,1.00,1.00),(0.90,0.97,0.97,0.98,0.90,0.90))
\tilde{w}_6	((0.63,0.83,0.83,0.97,1.00,1.00),(0.73,0.83,0.83,0.90,0.90,0.90))
\tilde{w}_7	((0.77,0.93,0.93,1.00,1.00,1.00),(0.85,0.93,0.93,0.97,0.90,0.90))
\tilde{w}_8	((0.77,0.93,0.93,1.00,1.00,1.00),(0.85,0.93,0.93,0.97,0.90,0.90))
\tilde{w}_9	((0.57,0.73,0.73,0.87,1.00,1.00),(0.65,0.73,0.73,0.80,0.90,0.90))
\tilde{w}_{10}	((0.77,0.93,0.93,1.00,1.00,1.00),(0.85,0.93,0.93,0.97,0.90,0.90))
\tilde{w}_{11}	((0.83,0.97,0.97,1.00,1.00,1.00),(0.90,0.97,0.97,0.98,0.90,0.90))

Adım 2. Bu adımda karar vericiler (DM1, DM2, DM3) Yeşil performans değerlendirme kriterlerine göre (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10, C11) alternatifleri (S1, S2, S3) Çizelge 5.4'te verilen dilsel terimlere göre değerlendirir. Bu değerlendirme alternatiflerin kriterleri karşılama düzeyi olarak ifade edilmektedir. Karar vericilerin dilsel değerlendirme karşılıkları Çizelge 6.9 'da verilmiştir.

Çizelge 6.9. Alternatiflerin kriterleri karşılama düzeyi

	DM1			DM2			DM3		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3	S1	S2	S3
C1	İ	0	0	0İ	0	0	İ	İ	0
C2	Çİ	0Z	0İ	Çİ	0	0İ	Çİ	İ	0İ
C3	0İ	0İ	0	Çİ	0İ	0	İ	0İ	0
C4	0İ	0	0İ	İ	0İ	0İ	0İ	İ	0İ
C5	Çİ	İ	0	Çİ	0İ	0	Çİ	İ	0
C6	İ	0	0İ	İ	İ	0İ	İ	İ	0İ
C7	Çİ	İ	0İ	İ	İ	0İ	İ	İ	0İ
C8	İ	İ	0İ	Çİ	İ	0İ	Çİ	İ	0İ
C9	Çİ	0İ	0	İ	0İ	0	Çİ	İ	0
C10	Z	İ	Z	Çİ	İ	Z	0	İ	0Z
C11	ÇZ	0İ	0	Çİ	0İ	0	0	0İ	0

Adım 3,4. Bu adımlarda sırasıyla Eşitlik (5.20-5.22) 'e göre ağırlıklı Tip-2 bulanık değerlendirme matrisi elde edilmiştir. Sonrasında Eşitlik (5.23-5.24) kullanılarak Alternatiflerin sıralama değerleri $\text{Rank}(\tilde{v}_{ij})$ elde edilmiştir (Çizelge 6.10.).

Çizelge 6.10. Alternatiflerin sıralama değerleri

	S1	S2	S3
C1	8,22	7,1	6,36
C2	8,6	6,4	7,09
C3	8,24	7,35	6,26
C4	5,39	5,23	5,24
C5	9,2	8,22	6,36
C6	7,88	7,24	6,95
C7	8,59	8,4	7,35
C8	8,79	8,4	7,35
C9	7,68	6,83	5,7
C10	6,47	8,4	4,5
C11	6,41	7,49	6,36

Adım 5. Alternatiflerin kriterlere göre sıralama değerleri bulunduktan sonra Eşitlik (5.25-5.26) kullanılarak pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri hesaplanmış ve Çizelge 6.11 'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.11. Pozitif ve negatif ideal çözüm

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Pozitif İdeal	8,22	8,60	8,24	5,39	9,20	7,88	8,59	8,79	7,68	8,40	7,49
Negatif İdeal	6,36	6,40	6,26	5,23	6,36	6,95	7,35	7,35	5,70	4,50	6,36

Adım 6. Bu adımda alternatiflerin her birinin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıkları Eşitlik (5.27-5.28) 'e göre hesaplanmış ve Çizelge 6.12. 'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.12. Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıkları

	S1	S2	S3
d+	2,21	3,03	6,53
d-	5,71	5,02	0,69

Adım 7. Son olarak bu adımda, Eşitlik (5.29) kullanılarak alternatiflerin yakınlık indeksi hesaplanmış ve yeşil performans sıralama sonuçları elde edilmiştir.

Çizelge 6.13. Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıkları

	S1	S2	S3
C*	0,721	0,624	0,095
Sıralama	1	2	3

Tip-2 Bulanık TOPSİS sonuca göre yeşil performans açısından belirtilen kriterleri en iyi karşılayan 3PL sağlayıcısı S1'dir. Performans sıralaması ise $S1 > S2 > S3$ 'dür.

6.5. Tip-1 Bulanık TOPSİS ve Tip-2 Bulanık TOPSİS Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Üç uzmanın (karar verici) değerlendirmesine göre sırasıyla Tip-1 Bulanık TOPSİS ve Tip-2 Bulanık TOPSİS yöntemleri kullanılmış ve alternatiflerin yeşil performans sıralamaları elde edilmiştir. Her iki yöntem sonucuna göre performans sıralaması $S1 > S2 > S3$ olmuştur.

Her iki yöntemde de en yüksek yeşil performansa sahip 3PL sağlayıcı S1 bulunmuştur. Fakat S1, Tip-2 Bulanık TOPSİS yöntemine göre daha büyük bir yakınlık indeksine sahiptir.

Çizelge 6.14 'te yakınlık indeksleri açısından Tip-1 Bulanık TOPSİS (T1BT) ve Tip-2 Bulanık TOPSİS (T2BT) çözümleri verilmiştir.

Çizelge 6.14. Alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıkları

	S1	S2	S3
T1BT	0,644	0,572	0,375
T2BT	0,721	0,624	0,095

Chen ve arkadaşlarına göre yakınlık katsayısına göre her tedarikçinin mevcut değerlendirme durumunu tanımlamak için bir dilsel değişken kullanmak daha gerçekçi bir yaklaşım olabilir. Her firmanın yeşil performans değerlendirme sürecini tanımlamak için [0,1] aralığı beş alt aralığa bölünmüştür. Alt aralıklara göre yeşil performans değerlendirmesi için beş dilsel değişken Çizelge 6.15 'de tanımlanmıştır (Chen vd. 2012).

Çizelge 6.15. Yeşil performans değerlendirme için beş dilsel değişken

CC _i	Değerlendirme Sonuçları
[0,0.2)	Tavsiye etmeyin
[0.2,0.4)	Yüksek risk ile tavsiye
[0.4,0.6)	Düşük riskli tavsiye
[0.6,0.8)	Onaylandı
[0.8,1.0]	Onaylandı ve Tercih Edildi

Çizelge 6.15 'e göre iki yöntemin sonucu karşılaştırıldığında İki sonucun da onaylandığı söylenebilir. Ülkemizde YTZY ve faaliyetleri yeni bir kavram olduğu için çok yüksek performanslar görülmemektedir. "Onaylandı ve Tercih Edildi" aralığına en yakın sonucu veren yöntem Tip-2 Bulanık TOPSİS yöntemidir. Bu nedenle çalışmanın devamında bu yöntem ve sonuçları tercih edilmiştir.

6.6. Duyarlılık Analizi

Bu bölümde Aralık Tip-2 Bulanık TOPSİS sonuçlarının modelin girdisindeki kriter ağırlıklarından nasıl etkilendiğini gözlemlemek amacıyla duyarlılık testi yapılmıştır. Duyarlılık analizi için kullanılan kriter ağırlıkları 11 farklı durum için Çizelge 6.16. 'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.16. Farklı durumlar için kriter ağırlıkları

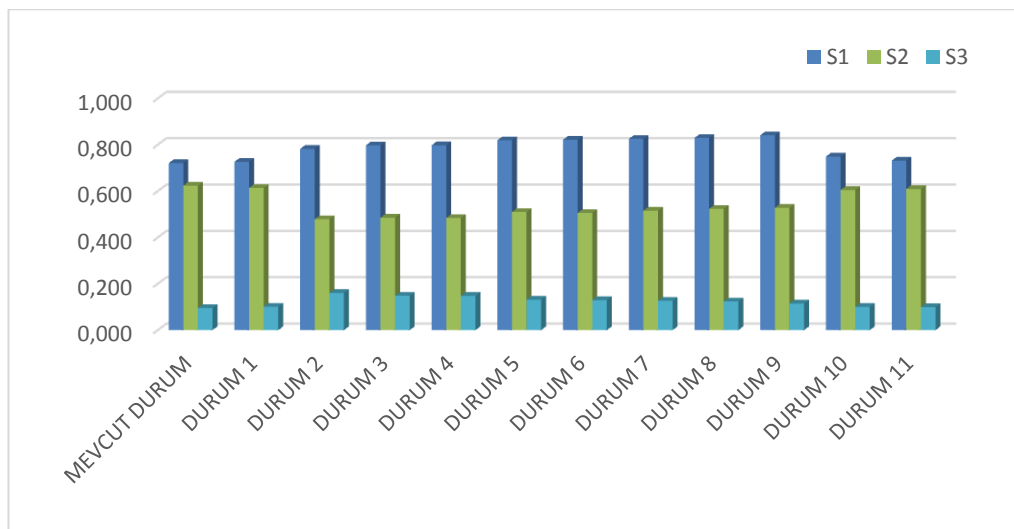
Durum:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
C1	0	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
C2	0	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
C3	0	0	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
C4	0	0	0	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
C5	0	0	0	0	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
C6	0	0	0	0	0	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
C7	0	0	0	0	0	0	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
C8	0	0	0	0	0	0	0	ÇY	ÇY	ÇY	ÇY
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	ÇY	ÇY	ÇY
C10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ÇY	ÇY
C11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	ÇY

Farklı durumlar için ağırlıklar değiştirilerek Eşitlik (5.3-5.12) adımları uygulanmıştır. 11 farklı durum için elde edilen yakınlık indeksi (C*) sonuçları Çizelge 6.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.17. Farklı durumlar için C* sonuçları

	S1	S2	S3
MEVCUT DURUM	0,721	0,624	0,095
DURUM 1	0,726	0,614	0,101
DURUM 2	0,782	0,479	0,160
DURUM 3	0,797	0,485	0,148
DURUM 4	0,798	0,484	0,148
DURUM 5	0,819	0,510	0,132
DURUM 6	0,822	0,506	0,130
DURUM 7	0,825	0,515	0,127
DURUM 8	0,829	0,523	0,124
DURUM 9	0,841	0,528	0,115
DURUM 10	0,749	0,605	0,100
DURUM 11	0,732	0,609	0,099

Duyarlılık analizi sonucu, kriter ağırlıklarının değişmesi 3PL sağlayıcıları arasında sıralama değişikliğine sebep olmamış fakat yakınlık indeksleri gözlemlendiğinde kriter ağırlıklarına bağlı alternatifler arasındaki yakınlık indeksi farkları artmış veya azalmıştır. Bu durum gösteriyor ki alternatiflerin kriterleri karşılama düzeyleri (yeşil performansları) kriter ağırlıklarına bağlı değişebilmekte, alternatifler arasındaki performans farkı artabilmekte veya azalabilmektedir (Şekil 6.3.). Bu nedenle kriter ağırlıklarının doğru tespiti performans değerlendirme açısından büyük önem arz etmektedir.



Şekil 6.3. Duyarlılık analizi sonuçları

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Uzun yıllar “Tedarik Zinciri Yönetimi” kavramı firmalar için rekabet avantajı sağlayan bir yol, firma kriterlerine uygun tedarikçi seçimi ise bu yoldaki stratejik bir avantaj olarak düşünülmüştür. Çevre hassasiyetinin artması ve gelecek nesillere kaynak bırakma kaygısı ile yaşamın her alanına ve her faaliyetine çevresel boyutlar da dahil olmuş, bu stratejik yol ve stratejik kararlar da yeşil tedarik zinciri yönetimi ve yeşil tedarikçi seçimi adı altında çevresel bir boyut kazanmış gerek akademik gerekse kurumsal hayatta büyük ilgi görmüştür.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde genellikle yeşil tedarikçi seçimi üzerine yoğunlaşmış ve performans değerlendirme çalışmaları bunun aksine oldukça azdır. Bir firmanın çevresel performansı kendi iç çabalarının yanı sıra dışarıdan hizmet aldığı tedarikçilerin çevresel performansına da bağlı olması sebebi ile bu performansın değerlendirilmesi ve iyileştirilmesi kendi performanslarını iyileştirmek adına büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma literatür çalışmasında belirtilen açıkları gidermek adına, 3PL hizmeti sunan firmaların (mevcut tedarikçi) yeşil performanslarını değerlendirebilecek bir yöntem önermek amacıyla hazırlanmıştır.

Tedarikçi seçimi gibi performans değerlendirme çalışmaları da çok boyutlu olduğu için ÇKKV yöntemi olan TOPSİS kullanılarak dilsel tercihlerden yararlanıldığı ve insan yargısına başvurulduğu için belirsizlikleri gidermek ve modelleyebilmek amacı ile bulanık kümelerden yararlanılmıştır. Bu çalışma için veriler dilsel terimler içeren anket yöntemi ile toplanmıştır. Geleneksel bulanık kümeler olarak bilinen tip-1 bulanık kümeler kullanılmıştır. Ancak anket yöntemi ve dilsel terimlerden oluşan verilerin belirsizliğini modellemede daha iyi olması, sahip olduğu üçüncü boyut ile ilave serbestlik derecesi sağlayarak ve üyelik fonksiyonlarının da bulanık kümelerden oluşuyor olması ile belirsizliği daha iyi modellemesi ve daha hassas sonuçlar elde etmeyi mümkün kılması sebepleri ile tip-2 bulanık kümeler de kullanılmıştır. Aralık tip-1 bulanık kümeler ve aralık tip-2 bulanık kümeler ile birlikte TOPSİS birleştirilerek Tip-1

Bulanık TOPSİS ve Tip-2 Bulanık TOPSİS iki ayrı yöntem olarak kullanılmış ve 3 adet 3PL sağlayıcısının yeşil performansları değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada 11 adet (Çevreci Tasarım, Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge, Çevreci Satın, Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama, Yeşil/Eko Lojistik, Ters, Çevre Dostu Depolama, Yeşil, Çevre için İşbirliği, Çevre Eğitimi, Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu.) kriter altında 3 adet 3PL sağlayıcısının yeşil performansı değerlendirilmiş ve her iki yöntem sonucunda da (Tip-1 Bulanık TOPSİS ve Tip-2 Bulanık TOPSİS) en iyi yakınlık indeksine ve en iyi performansa sahip olan firmanın S1 olduğu görülmüş ve performans sıralaması $S1 > S2 > S3$ olarak bulunmuştur.

Yakınlık indeksi sonuçlarının dilsel karşılığına göre iki yöntemin sonucu Çizelge 6.15'e göre karşılaştırıldığında her iki yöntemin sonucunun da onaylandığı söylenebilir fakat "Onaylandı ve Tercih Edildi" aralığında performans sağlayan bir sonuç elde edilememiştir. Ülkemizde YTYZ uygulamaları yaygın olmayan yeni bir kavramdır, olgunlaşmamıştır. Firmalar adapte olma sürecinde olduğu için çok yüksek performanslar görülmemiştir. Tip-2 Bulanık TOPSİS yönteminin sonucunda S1 sağlayıcısının yakınlık indeksi değeri 0,8 "Onaylandı ve Tercih Edildi" aralığına en yakın sonucu verdiği için çalışmanın devamında bu yöntem ve sonuçları tercih edilmiştir.

Kriter ağırlıklarının sonuca etkisini görmek için 11 farklı durum altında duyarlılık analizi yapılmış ve sağlayıcılar arasında performans sıralamasının değişmemesine karşın kriter ağırlıklarının alternatifler arasındaki yakınlık indeksi farkını etkilediği görülmüştür. Duyarlılık analizi, deneysel tasarım metodlarından biri ile birlikte uygulandığı takdirde performans sıralamasında değişmelerin olduğu sonuçlar elde edilebilir.

Gelecekteki çalışmalarda, önerilen yöntem mevcut tedarikçinin farklı dönemlerdeki performansını ölçmek amacıyla uygulanarak buna yönelik performans iyileştirme çalışmaları yapılabilir. Yeşil performans değerlendirme çalışmasının yanı sıra karar verme sürecinin her adımında yapılacak seçim ve

değerlendirme çalışmasında kullanılabilir, kriter ağırlıklandırma yöntemi olarak bulanık ortamda AHP, ANP gibi yöntemlerle birleştirilerek ikili yaklaşım elde edilebilir. Tip-2 bulanık kümeler ile VİKOR, ELECTRE gibi yöntemler kullanılabilir. Ayrıca nütrosifik bulanık sayılar, tereddütlü bulanık sayılar, sezgisel bulanık sayılar ve küresel bulanık sayılar ile belirsizlikler ele alınabilir.



KAYNAKLAR

- Asadabadi M.R., 2017. A customerbased supplier selection process that combines quality function deployment, the analytic network process and a Markov chain, *European Journal of Operational Research* 263, 1049-1062.
- Awasthi, A., Chauhan, S.S., Goyal, S.K., 2010. A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers, *Int. J. Production Economics*, 126, 70-378.
- Ayvaz, B., Kuşakçı, A.O., 2017. A trapezoidal type-2 fuzzy multi-criteria decision making method based on TOPSIS for supplier selection: An application in textile sector, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 23, 70-79.
- Banaeian, N., Mobli, H., Omid, M., Fahimnia, B., Nielsen, C., 2018. Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry, *Computers and Operations Research*, 89, 337-347.
- Bayburt, N., 2007. İşletmelerde Performans Değerlendirmenin Önemi Ve Performans Göstergeleri Arasındaki İlişkiler, *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, 53, 577-592.
- Boyacı, A. İ., Çolak, M., 2018. A Fuzzy Logic Based Green Performance Evaluation Model for Automotive Industry, *European Journal of Science and Technology*, 13, 39-44.
- Büyüközkan, G., Feyzioğlu, O., Nebol, E., 2008. Selection of the strategic alliance partner in logistics value chain, *Int. J. Production Economics*, 113, 148-158.
- Büyüközkan, G., Çifçi, G., 2011. A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information, *Computers in Industry*, 62, 164-174.
- Büyüközkan, G., Çifçi, G., 2012. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers, *Expert Systems with Applications*, 39, 3000-3011.
- Cullinane, K., Rashidi, K., 2019. A comparison of fuzzy DEA and fuzzy TOPSIS in sustainable supplier selection: Implications for sourcing strategy, *Expert Systems With Applications*, 121, 266-281
- Chang, Y., Zhang, J., Wang, C., Zhang, L., 2018. The green efficiency of industrial sectors in China: A comparative analysis based on sectoral and supply-chain quantifications, *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 269-277.

- Chavez, R., Yu, W., Feng, M., Wiengarten, F., 2014. The effect of customer-centric green supply chain management on operational performance and customer satisfaction. *Bus. Strat. Environ.* (in press).
- Chen, S. M., Yang, M. W., Lee, L. W., Yang, S. W., 2012. Fuzzy multiple attributes group decision-making based on ranking interval type-2 fuzzy sets, *Expert Syst. Appl.*, 39(5), 5295–5308.
- Chhabra, D., Garg, S. K., Singh, R. K., 2017. Analyzing alternatives for green logistics in an Indian automotive organization: A case study, *Journal of Cleaner Production*, 167, 962-969.
- Cullinane, K., Rashidi, K., 2019. A comparison of fuzzy DEA and fuzzy TOPSIS in sustainable supplier selection: Implications for sourcing strategy, *Expert Systems With Applications*, 121, 266-281.
- Çınaroğlu, S., 2012. İşletmelerde Performans Ölçüm Modelleri, Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, (16)2 119-134.
- Dobos, I., Vörösmarty, G., 2014. Green supplier selection and evaluation using DEA-type composite indicators, *Int. J. Production Economics*, 157, 273-278.
- Dobos, I., Vörösmarty, G., 2017. Inventory-related costs in green supplier selection problems with Data Envelopment Analysis (DEA), *International Journal of Production Economics*(2017) 1–7.
- Erdoğan, M., 2013. Enerji Alternatiflerinin Bulanık Çok Ölçütlü Değerlendirilmesi ve Türkiye İçin Bir Yol Haritası. Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 46-64.
- Erol, İ., Sencer, S., Sari, R., 2011. A new fuzzy multi-criteria framework for measuring sustainability performance of a supply chain, *Ecological Economics*, 70, 1088-1100.
- Fahimnia, B., Banaeian, N., Mobli, H., Nielsen, I.E., Omid, M., 2018. Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry, *Computers and Operations Research*, 89, 337–347.
- Geldermann, J., Spengler, T., Hahre, S., Sieverdingbeck, A., Rentz, O., 1998. Development of a multiple criteria based decision support system for environmental assessment of recycling measures in the iron and steel making industry, *Journal of Cleaner Production* 6, 37-52.
- Govindan, K., Kadziński, M., Sivakumar, R., 2017. Application of a novel PROMETHEE-based method for construction of a group compromise ranking to prioritization of green suppliers in food supply chain, *Omega* 71, 129–145.

- Govindan, K., Khodaverdi, R., Vafadarnikjoo, A., 2015. Intuitionistic fuzzy based DEMATEL method for developing green practices and performances in a green supply chain, *Expert Systems with Applications*, 42, 7207-7220.
- Green, K.W., Zelbst, P.J., Bhadauria, V.S., Meacham, J., 2012a. Do environmental collaboration and monitoring enhance organizational performance? *Ind. Manag. Data Syst.* 112 (2), 186-205.
- Green, K.W., Zelbst, P.J., Meacham, J., Bhadauria, V.S., 2012b. Green supply chain management practices: impact on performance. *Supply Chain Manag. Int. J.* 17 (3), 290-305.
- Guo, F., Zou, B., Zhang, X., Bo, Q., Li, K., Financial Slack and Firm Performance of SMMEs in China: Moderating Effects of Government Subsidies and Market-Supporting Institutions, *International Journal of Production Economics*.
- Gupta, H., Barua, M. K., PhD, 2017. Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and fuzzy TOPSIS, *Journal of Cleaner Production*, 152, 242-258.
- Gürçan, Ö.F., Yazıcı, İ., Beyca, Ö.F., Arslan, Ç.Y., Eldemir, F., 2016. Third Party Logistics (3PL) Provider Selection with AHP Application, 12th International Strategic Management Conference, ISMC 2016, 28-30 October 2016, Antalya, Turkey.
- Halaç, O., 2001. *Kantatif Karar Verme Teknikleri*. 5. Basım Alfa Yayınları: 222, Melisa Matbaacılık, 550s, İstanbul.
- Helmi, S.A., Galankashi, M.R., Chegeni, A., Soleimanyanadegany, A., Memari, A., Anjomshoae, A., Dargi, A., 2015. Prioritizing Green Supplier Selection Criteria using Fuzzy Analytical Network Process, *Procedia CIRP* 26, 689 – 694.
- Jayant, A., Gupta, P., Garg, S.K., Khan M., 2014. TOPSIS-AHP Based Approach for Selection of Reverse Logistics Service Provider: A Case Study of Mobile Phone Industry, *Procedia Engineering*, 97, 2147-2156.
- Jharkharia, S., Shankar, R., 2007. Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach, *Omega*, 35, 274-289.
- Kannan, D., Jabbour, A.B.L.S., Jabbour C.J.C., 2014. Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company, *European Journal of Operational Research*, 233, 432-447.

- Kannan, G., Pokharel, S., Kumar, P. S., 2009. A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider, *Resources, Conservation and Recycling*, 54, 28-36.
- Karaman, R., 2009. İşletmelerde Performans Ölçümünün Önemi Ve Modern Bir Performans Ölçme Aracı Olarak Balanced Scorecard, *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, (8) 16, 410-427.
- Kucukaltan, B., Irani, Z., Aktas, E., 2016. A decision support model for identification and prioritization of key performance indicators in the logistics industry, *Computers in Human Behavior* 65, 346-358.
- Khodaverdi, R., Olfat, L., Govindan, K., Shen, L., Diabat, A., 2013. A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences, *Resources, Conservation and Recycling*, 74, 170-179.
- Laari, S., Töyli, J., Solakivi, T., Ojala, L., 2016. Firm performance and customer-driven green supply chain management, *Journal of Cleaner Production* 112, 1960 – 1970.
- Liu, H.T., Wang, W.K., 2009. An integrated fuzzy approach for provider evaluation and selection in third-party logistics, *Expert Systems with Applications* 36, 4387–4398
- Martinez-Cordero, F.J., Leung, P., 2004. Sustainable aquaculture and producer performance: measurement of environmentally adjusted productivity and efficiency of a sample of shrimp farms in Mexico, *Aquaculture* 241, 249 – 268.
- Min, H., Galle, W.P., 2001. Green purchasing practices of US firms. *International Journal of Operations and Production Management*, 21(9), 1222–1238.
- Olfat, A., Govindan, K., Khodaverdi, R., 2013. A fuzzy multi criteria approach for evaluating green supplier's performance in green supply chain with linguistic preferences. *Resour. Conserv. Recycl.*, 74, 170–179.
- Özceylan, E., Çetinkaya, C., Erbaş, M., Kabak, M., 2016. Logistic performance evaluation of provinces in Turkey: A GIS-based multi-criteria decision analysis, *Transportation Research Part A* 94 (2016) 323–337.
- Park, H.G., Lee, Y.J., 2015. The Efficiency and Productivity Analysis of Large Logistics Providers Services in Korea, *The Asian Journal of Shipping and Logistics* 31(4), 469-476.
- Rostamzadeh, R., Govindan, K., Esmaili, A., Sabaghi, M., 2015. Application of fuzzy VIKOR for evaluation of green supply chain management practices, *Ecological Indicators*, 49, 188-203.

- Saen, R.F., Azadi, M., Shabani, A., Khodakarami, M., 2014. Planning in feasible region by two-stage target-setting DEA methods: An application in green supply chain management of public transportation service providers, *Transportation Research Part E* 70, 324–338.
- Santos, B.M., Godoy, L.P., Campos, L.M.S., 2019. Performance evaluation of green suppliers using entropy-TOPSIS-F”, *Journal of Cleaner Production*, 207, 498-509.
- Santos, L.C., Farias, L.M.S., Gohr, C.F., Rocha, L.O., 2019. An ANP-based approach for lean and green performance assessment, *Resources, Conservation & Recycling* 143, 77–89.
- Sari, K., 2017. A novel multi-criteria decision framework for evaluating green supply chain management practices, *Computers & Industrial Engineering*, 105, 338-347.
- Schoenfeld, A. H., 2011. *How we think: A theory of goal-oriented decision making and its educational applications*. New York, NY: Routledge.
- Sirisawat, P., Kiatcharoenpol, T., 2018. Fuzzy AHP-TOPSIS approaches to prioritizing solutions for reverse logistics barriers, *Computers & Industrial Engineering*, 117, 303–318.
- Sun, C., 2010. A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods”, *Expert Systems with Applications*, 37, 7745-7754.
- Topkarcı, Y., 2013. *Alternatif Pazarlama Stratejilerinin Değerlendirilmesinde Bulanık Çok Ölçütlü Bir Yaklaşım*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 36-43, İstanbul.
- Türk Dil Kurumu (TDK) Web Sitesi, 2019. Erişim Tarihi: 22.10.2019
<http://sozluk.gov.tr/>
- Türk Dil Kurumu (TDK) Web Sitesi, 2019. Erişim Tarihi: 31.10.2019
<http://sozluk.gov.tr/>
- Türk Dil Kurumu (TDK) Web Sitesi, 2019. Erişim Tarihi: 10.11.2019
<http://sozluk.gov.tr/>
- Uygun, Ö., Dede, A., 2016. Performance evaluation of green supply chain management using integrated fuzzy multi-criteria decision-making techniques, *Computers & Industrial Engineering*, 102, 502-511.
- Uysal, F., 2012. An integrated model for sustainable performance measurement in supply chain, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 62, 689-694.

Vahabzadeh, A.H., Asiaei, A., Zailani, S., 2015. Reprint of “Green decision-making model in reverse logistics using FUZZY-VIKOR method, Resources, Conservation and Recycling, 104, 334-347.

Yiner, L., Xuhong, Y., Jian, C., Yu, Q., 2011. An Integrative Decision-making Model for the Operation of Sustainable Supply Chain in China, Energy Procedia, 5, 1497-1501.

Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy sets. Information and Control, 8, 338–353.

Zadeh, L. A., 1996. Fuzzy logic = computing with words. Fuzzy Syst. IEEE Trans. 4 (2), 103–111.

Zadeh, L.A., 1997. Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic. Fuzzy Sets Syst. 90 (2), 111–127.



EKLER

Kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesi için üç uzmanın görüşünden elde edilen anket verileri EK A.'da ve her bir alternatifin kriteri karşılama düzeyi için elde edilen anket verileri EK B.'de verilmiştir.

EK A. Kriterlerin önem düzeyi için uzmanların görüşleri

Gruptaki üç uzmanın kriterlerin önem düzeyi için vermiş olduğu dilsel değerlendirme sonuçlarıdır.

KV1'in 11 ana kriter için vermiş olduğu dilsel karşılıklar Çizelge EK A.1.'de, KV2'nin vermiş olduğu dilsel karşılıklar Çizelge EK A.2.'de, KV3'ün vermiş olduğu dilsel karşılıklar Çizelge EK A.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge EK A.1. KV1'in kriterlerin önem düzeyi değerlendirmesi

KV1	1.AŞAMA						
	Kriter Önemi						
Genel Kriter	Çok Düşük	Düşük	Orta Düşük	Orta	Orta Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
Çevreci Tasarım							x
Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge						x	
Çevreci Satın Alma						x	
Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama		x					
Yeşil/Eco Lojistik							x
Ters Lojistik						x	
Çevre Dostu Depolama						x	
Yeşil Yönetim						x	
Çevre için İşbirliği					x		
Çevre Eğitimi						x	
Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu							x

Çizelge EK A.2. KV2'in kriterlerin önem düzeyi değerlendirilmesi

KV2	1.AŞAMA						
	Kriter Önemi						
Genel Kriter	Çok Düşük	Düşük	Orta Düşük	Orta	Orta Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
Çevreci Tasarım						X	
Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge					X		
Çevreci Satın Alma						X	
Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama		X					
Yeşil/Eco Lojistik						X	
Ters Lojistik						X	
Çevre Dostu Depolama						X	
Yeşil Yönetim						X	
Çevre için İşbirliği				X			
Çevre Eğitimi						X	
Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu						X	

Çizelge EK A.3. KV3'in kriterlerin önem düzeyi değerlendirilmesi

KV3	1.AŞAMA						
	Kriter Önemi						
Genel Kriter	Çok Düşük	Düşük	Orta Düşük	Orta	Orta Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
Çevreci Tasarım							X
Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge							X
Çevreci Satın Alma							X
Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama							X
Yeşil/Eco Lojistik							X
Ters Lojistik					X		
Çevre Dostu Depolama							X
Yeşil Yönetim							X
Çevre için İşbirliği							X
Çevre Eğitimi							X
Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu							X

EK B. Alternatiflerin kriterleri karşılama düzeyleri için uzmanların görüşleri

Gruptaki üç uzmanın Alternatiflerin kriterleri karşılama düzeyleri için vermiş olduğu dilsel değerlendirme sonuçlarıdır.

KV1' in 1. Alternatif (S1), 2. Alternatif (S2) ve 3. Alternatif (S3) için verdiği dilsel değerlendirme sonuçları sırası ile EKB.1., EK B.2. ve EK B.3.' te gösterilmiştir.

KV2' nin 1. Alternatif (S1), 2. Alternatif (S2) ve 3. Alternatif (S3) için verdiği dilsel değerlendirme sonuçları sırası ile EKB.4., EK B.5. ve EK B.6.' da gösterilmiştir.

KV3' ün 1. Alternatif (S1), 2. Alternatif (S2) ve 3. Alternatif (S3) için verdiği dilsel değerlendirme sonuçları sırası ile EKB.7., EK B.8. ve EK B.9.' da gösterilmiştir.

Çizelge EK B.1. KV1'in S1 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar

Değerlendiren: KV1	2.AŞAMA						
Alternatif: S1	Firmanın Kriteri Karşılama Düzeyi						
Genel Kriterler	Çok Zayıf	Zayıf	Orta Zayıf	Orta	Orta İyi	İyi	Çok İyi
Çevreci Tasarım						x	
Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge							x
Çevreci Satın Alma					x		
Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama				x			
Yeşil/Eco Lojistik							x
Ters Lojistik						x	
Çevre Dostu Depolama							x
Yeşil Yönetim						x	
Çevre için İşbirliği							x
Çevre Eğitimi		x					
Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu	x						

Çizelge EK B.2. KV1'in S2 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar

Değerlendiren: KV1	2.AŞAMA						
Alternatif: S2	Firmanın Kriteri Karşılama Düzeyi						
Genel Kriterler	Çok Zayıf	Zayıf	Orta Zayıf	Orta	Orta İyi	İyi	Çok İyi
Çevreci Tasarım				x			
Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge			x				
Çevreci Satın Alma					x		
Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama				x			
Yeşil/Eco Lojistik						x	
Ters Lojistik				x			
Çevre Dostu Depolama						x	
Yeşil Yönetim						x	
Çevre için İşbirliği					x		
Çevre Eğitimi						x	
Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu					x		

Çizelge EK B.3. KV1'in S3 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar

Değerlendiren: KV1	2.AŞAMA						
Alternatif: S3	Firmanın Kriteri Karşılama Düzeyi						
Genel Kriterler	Çok Zayıf	Zayıf	Orta Zayıf	Orta	Orta İyi	İyi	Çok İyi
Çevreci Tasarım				x			
Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge					x		
Çevreci Satın Alma				x			
Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama					x		
Yeşil/Eco Lojistik				x			
Ters Lojistik					x		
Çevre Dostu Depolama					x		
Yeşil Yönetim					x		
Çevre için İşbirliği				x			
Çevre Eğitimi		x					
Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu				x			

Çizelge EK B.4. KV2'in S1 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar

Değerlendiren: KV2	2.AŞAMA						
Alternatif: S1	Firmanın Kriteri Karşılama Düzeyi						
Genel Kriterler	Çok Zayıf	Zayıf	Orta Zayıf	Orta	Orta İyi	İyi	Çok İyi
Çevreci Tasarım					x		
Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge							x
Çevreci Satın Alma							x
Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama						x	
Yeşil/Eco Lojistik							x
Ters Lojistik						x	
Çevre Dostu Depolama						x	
Yeşil Yönetim							x
Çevre için İşbirliği						x	
Çevre Eğitimi							x
Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu							x

Çizelge EK B.5. KV2'in S2 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar

Değerlendiren: KV2	2.AŞAMA						
Alternatif: S2	Firmanın Kriteri Karşılama Düzeyi						
Genel Kriterler	Çok Zayıf	Zayıf	Orta Zayıf	Orta	Orta İyi	İyi	Çok İyi
Çevreci Tasarım				X			
Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge				X			
Çevreci Satın Alma					X		
Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama					X		
Yeşil/Eco Lojistik					X		
Ters Lojistik						X	
Çevre Dostu Depolama						X	
Yeşil Yönetim						X	
Çevre için İşbirliği					X		
Çevre Eğitimi						X	
Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu					X		

Çizelge EK B.6. KV2'in S3 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar

Değerlendiren: KV2	2.AŞAMA						
Alternatif: S3	Firmanın Kriteri Karşılama Düzeyi						
Genel Kriterler	Çok Zayıf	Zayıf	Orta Zayıf	Orta	Orta İyi	İyi	Çok İyi
Çevreci Tasarım				x			
Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge					x		
Çevreci Satın Alma				x			
Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama					x		
Yeşil/Eco Lojistik				x			
Ters Lojistik					x		
Çevre Dostu Depolama					x		
Yeşil Yönetim					x		
Çevre için İşbirliği				x			
Çevre Eğitimi		x					
Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu				x			

Çizelge EK B.7. KV3'in S1 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar

Değerlendiren: KV3	2.AŞAMA						
Alternatif: S1	Firmanın Kriteri Karşılama Düzeyi						
Genel Kriterler	Çok Zayıf	Zayıf	Orta Zayıf	Orta	Orta İyi	İyi	Çok İyi
Çevreci Tasarım						x	
Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge							x
Çevreci Satın Alma						x	
Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama					x		
Yeşil/Eco Lojistik							x
Ters Lojistik						x	
Çevre Dostu Depolama						x	
Yeşil Yönetim							x
Çevre için İşbirliği							x
Çevre Eğitimi				x			
Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu				x			

Çizelge EK B.8. KV3'in S2 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar

Değerlendiren: KV3	2.AŞAMA						
Alternatif: S2	Firmanın Kriteri Karşılama Düzeyi						
Genel Kriterler	Çok Zayıf	Zayıf	Orta Zayıf	Orta	Orta İyi	İyi	Çok İyi
Çevreci Tasarım						X	
Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge						X	
Çevreci Satın Alma					X		
Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama						X	
Yeşil/Eco Lojistik						X	
Ters Lojistik						X	
Çevre Dostu Depolama						X	
Yeşil Yönetim						X	
Çevre için İşbirliği						X	
Çevre Eğitimi						X	
Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu					X		

Çizelge EK B.9. KV3'in S3 sağlayıcısı için verdiği dilsel karşılıklar

Değerlendiren: KV3	2.AŞAMA						
Alternatif: S3	Firmanın Kriteri Karşılama Düzeyi						
Genel Kriterler	Çok Zayıf	Zayıf	Orta Zayıf	Orta	Orta İyi	İyi	Çok İyi
Çevreci Tasarım				x			
Çevre Dostu Teknoloji ve Ar-Ge					x		
Çevreci Satın Alma				x			
Çevre Dostu/ Eko-Ambalajlama					x		
Yeşil/Eco Lojistik				x			
Ters Lojistik					x		
Çevre Dostu Depolama					x		
Yeşil Yönetim					x		
Çevre için İşbirliği				x			
Çevre Eğitimi			x				
Atık Yönetimi ve Hava Emisyonu				x			

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ceren ATASEVER
Doğum Yeri ve Yılı :
Medeni Hali :
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : atasever_crn@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise :
Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik ve Tasarım Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, 2017.
Yüksek Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Endüstri Mühendisliği, 2020

Mesleki Deneyim

Netlog Lojistik Grubu (Özel Müşteriler Uzman Yardımcısı) 2018- ...(devam ediyor)

Yayınları

Atasever, C., Ayvaz, B., 2019. Type-2 Fuzzy TOPSIS Model For Green Third Party Logistics Provider Performance Evaluation, Southeast Europe Journal of Soft Computing, 8 (2), 20-29.