



A combined DEMATEL-QFD-AT2 BAHP approach for green supplier selection

Müslüm Öztürk^{1*}, Turan Paksoy²

¹Department of Computer Technologies, Kilis 7 Aralık University, Kilis, 79000, Turkey

²Department of Industrial Engineering, Konya Technical University, Konya, 42000, Turkey

Highlights:

- Selection and sorting of environmentally friendly green suppliers
- An integrated DEMATEL-QFD-AT2 BAHP method
- Degree of relationship between customer demands and supplier selection criteria

Keywords:

- Green supplier selection
- Customer needs
- Integrated hybrid decision support system
- Quality function deployment
- Interval type-2 fuzzy AHP

Article Info:

Research Article
Received: 11.02.2019
Accepted: 25.05.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.525762

Correspondence:

Author: Müslüm Öztürk
e-mail: mozturk@kilis.edu.tr
phone: +90 544 741 5394

Graphical/Tabular Abstract

The aim of this paper is to put forward an integrated approach for green supplier selection by considering various environmental performance requirements and criteria. The proposed approach were addressed the inter-relationships between the customer requirements (CRs) with the aid of decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL) method while constructing a relationship structure. Quality function deployment (QFD) model was used to establish a central relationship matrix in order to identify degree of relationship between each pair of supplier selection criteria and CRs. Afterwards, interval type-2 fuzzy analytic hierarchy process (IT2 FAHP) applied to prioritize and rank the alternative suppliers. At the end a case study is presented to reveal the potentiality and aptness of the proposed methodology. For the proposed integrated method (DEMATEL-QFD-IT2 AHP), the ranking of green suppliers is given in Table A.

Table A. Sorting of green suppliers

	Defuzzified values	Sorting values of green suppliers
A1	3.7786	4
A2	3.7754	6
A3	3.7887	1
A4	3.7788	3
A5	3.7805	2
A6	3.7571	8
A7	3.7633	7
A8	3.7766	5
A9	3.7507	10
A10	3.7564	9

Purpose: The main purpose of this study is to solve the problem of evaluation and rating of green suppliers using an integrated formulation.

Theory and Methods:

This study is to put forward an integrated approach for green supplier selection by considering various environmental performance requirements and criteria. The proposed approach addresses the inter-relationships between the customer requirements (CRs) with the aid of decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL) method while constructing a relationship structure. Quality function deployment (QFD) model was used to establish a central relationship matrix in order to identify degree of relationship between each pair of supplier selection criteria and CRs. Afterwards, interval type-2 fuzzy analytic hierarchy process (IT2 FAHP) applied to prioritize and rank the alternative suppliers.

Results:

This scope of work; In addition to the supplier criteria, an approach that considers the customer preferences is adopted. As a result of the proposed integrated approach, supplier rankings are listed in A3> A5> A4> A1> A8> A2> A7> A6> A10> A9. Accordingly, it is seen that the best supplier for the company is the supplier of A3 and the second supplier is the A5 supplier. A9 and A10 suppliers were the worst suppliers for the company, respectively. In addition, the demand for management commitment was calculated as the most important value among the demands of the customer requirements and it was seen that it has the maximum relationship density with other customer demands. The demand for management commitment was also the most convincing factor compared to other factors due to its highest D-R value. Therefore, the demand for management commitment in terms of customer requirements plays an important role in the supplier evaluation problem and has the greatest impact on other customer requirements. On the other hand, since the EMS factor has the lowest (D-R) value, it has been seen that the most affected by the other factors is customer demand.

Conclusion:

Looking at the results of the study; It can be said that inefficient suppliers need to increase reuse and recycling rates, intensify energy and natural resource consumption and increase delivery performance, and adopt benchmarking policies and techniques related to green design characteristics, price, quality adaptation and appropriate production planning of efficient suppliers.



Yeşil tedarikçi seçimi için birleştirilmiş bir DEMATEL-QFD-AT2 BAHP yaklaşımı

Müslüm Öztürk^{1*}, Turan Paksoy²

¹Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Bilgisayar Teknolojileri bölümü, 79000 Kilis Türkiye

²Konya Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 42000 Konya, Türkiye

Ö N E Ç I K A N L A R

- Çevreye duyarlı yeşil tedarikçilerin seçimi ve sıralanması
- Entegre bir DEMATEL-QFD-AT2 BAHP yöntemi
- Müşteri talepleri ve tedarikçi seçim kriterleri arasındaki ilişki derecesi

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 11.02.2019

Kabul: 25.05.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.525762

Anahtar Kelimeler:

Yeşil tedarikçi seçimi,
müşteri gereksinimleri,
birleştirilmiş hibrit karar
destek sistemi,
kalite fonksiyonu yayılımı,
aralık tip-2 bulanık AHP

ÖZET

Tedarik zinciri sisteminin temel amacı kar etmek ve müşterilerin beklentilerini aynı anda karşılamaktır. Bu nedenle tedarikçi değerlendirme ve seçme işlemi, işletme maliyetlerini azaltmak, iş fırsatlarını geliştirmek ve kurumsal rekabet gücünü artırmak için önemli bir stratejik karardır. Ayrıca, çevrenin korunmasına ve sürdürülebilir kalkınmaya olan ilginin artması ile birlikte, çevre gereksinimlerine daha fazla dikkat etmek ve yeşil faktörleri seçim sürecine dâhil ederek potansiyel tedarikçileri değerlendirmek gittikçe önem kazanmaktadır. Bu nedenle seçilen tedarikçiler, şirketin isteklerini yerine getirerek müşterilerin "sesini" dikkate almalıdırlar. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı, çeşitli çevresel performans gereklilikleri ve kriterlerini dikkate alarak yeşil tedarikçi seçimi için entegre bir yaklaşımı ortaya koymaktır. Önerilen yaklaşım, bir ilişki yapısını oluştururken, müşteri gereksinimleri (MG'ler) arasındaki ilişkileri karar alma denemesi ve değerlendirme laboratuvarı (DEMATEL) yöntemi kullanılarak ele alındı. Her bir tedarikçi seçim kriteri çifti ile MG'ler arasındaki ilişki derecesini belirlemek amacıyla merkezi bir ilişki matrisi oluşturmak için kalite fonksiyon yayılımı (QFD) modeli kullanıldı. Daha sonra, alternatif tedarikçileri önceliklendirmek ve sıralamak için aralık tip-2 bulanık analitik hiyerarşi süreci (AT2 BAHP) uygulandı. Son olarak önerilen yaklaşımın potansiyelini ve uygunluğunu ortaya çıkarmak için bir vaka çalışması sunulmuştur.

A combined DEMATEL-QFD-AT2 BAHP approach for green supplier selection

H I G H L I G H T S

- Selection and sorting of environmentally friendly green suppliers
- An integrated DEMATEL-QFD-AT2 BAHP method
- Degree of relationship between customer demands and supplier selection criteria

Article Info

Research Article

Received: 11.02.2019

Accepted: 25.05.2020

DOI:

10.17341/gazimmfd.525762

Keywords:

Green supplier selection,
customer needs,
integrated hybrid decision
support system,
Quality function
deployment,
interval type-2 fuzzy AHP

ABSTRACT

The main purpose of the supply chain system is to make profit and meet customers' expectations simultaneously. Therefore supplier evaluation and selection is a significant strategic decision for reducing operating costs and improving organizational competitiveness to develop business opportunities. Moreover, with increasing concern towards environmental protection and sustainable development, it becomes important to pay more attention to environmental requirements and evaluating the potential suppliers by incorporating green factors into the selection process. Therefore Selected suppliers should take the "voice" of customers into account by providing the company's requests. In this context, the aim of this paper is to put forward an integrated approach for green supplier selection by considering various environmental performance requirements and criteria. The proposed approach addresses the inter-relationships between the customer requirements (CRs) with the aid of decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL) method while constructing a relationship structure. Quality function deployment (QFD) model is used to establish a central relationship matrix in order to identify degree of relationship between each pair of supplier selection criteria and CRs. Afterwards, interval type-2 fuzzy analytic hierarchy process (IT2 FAHP) applied to prioritize and rank the alternative suppliers. At the end a case study is presented to reveal the potentiality and aptness of the proposed methodology.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: *mozturk@kilis.edu.tr, tpaksoy@yahoo.com / Tel: +90 544 741 5394

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Her gün daha da artan rekabet ortamında işletmeler varlıklarını sürdürebilmek için, en iyi kalitedeki ürünü en uygun maliyet ile tedarik edip hızlı bir şekilde müşterilerine sunmak durumundadırlar [1]. Bu bağlamda tedarik zinciri yönetimi (TZY); müşterinin emrinden başlayıp, ürün dağıtımına kadar iyi organize edilmiş bir şekilde çeşitli faaliyetleri sistemleştirerek bir araya getiren bir süreçtir. Tedarik zincirlerinde tedarikçi, perakendeci, dağıtıcı vb. olmak üzere çok sayıda üye bulunmaktadır. Tedarik zincirinde yer alan her bir üye kendi performansını optimum yapmayı hedeflemektedir [2]. Herhangi bir TZY'nin başarısı veya başarısızlığı büyük ölçüde uygun bir sisteme ve uygun tedarikçilere bağlıdır. Bu nedenle kuruluşlar, ticari ortaklarını uygun şekilde seçerek dünya pazarında rekabetçi kalmak için operasyonel performanslarını ilerletmek için her fırsatı değerlendirmelidir [3].

Birçok karar verme problemi ve çözümü nicel sayılar ile tanımlanamayacak kadar karmaşık yapıdadır. Bulanık küme teorisi sayesinde kesin olarak tanımlanamayan sınırlar ile verilerin sınıflandırılması gerçekleştirilir. Böylece insanın düşünme tarzına uygun, gerçek dünya problemlerinin çözümü sağlanabilir [4]. Böylece bulanık küme teorisi matematiksel bir model kullanarak insan mantığını simüle eder [5]. Bu bağlamda tedarikçi değerlendirme ve seçimi konusunda iki husustan bahsedilebilir. Birincisi tedarikçilerin değerlendirilmesi çeşitli kriterlere bağlıdır. Örneğin; fiyat, kalite, teslimat performansı, markalaşma veya itibar gibi bazı kriterler karşılaştırma ve değerlendirme için sıklıkla seçilmektedir. İkincisi verimli bir TZY için müşterilerin ihtiyaçları, özellikle öznel performans gereklilikleri hakkında net bir anlayış oluşturulması hayati bir rol oynamaktadır. Ayrıca, daha önce yapılan çalışmaların büyük kısmı tedarikçileri, alıcı memnuniyetini ve tedarikçinin kriterleri ile ilgili özellikleri vurgulamak yerine, maliyet, esneklik ve teslimat gibi ekonomik kriterler altında değerlendirmiştir. Sonuç olarak, tedarikçi değerlendirme kriterlerini paydaşların yararına yerine getirilmesi için ön şart olan MG'lere bağlama eksikliği vardır.

Önceki çalışmaların ekolojik verimlilik yerine sadece tedarikçilerin ekonomik verimliliğine yoğunlaştığı ve tedarikçi seçim çalışmalarında çevresel sorunları nadiren fark ettiği ve dikkate aldığı görülmüştür [6]. Gelişmekte olan rekabetin ardından küresel pazarda hayatta kalmak için ve çevresel kaygılarla ilgili farkındalığın artması sebebiyle son zamanlarda literatürde yeşil tedarik zinciri yönetimi [7-9] ortaya çıkmaktadır. Bir ürünün ana bileşenleri dış tedarikçiler tarafından tedarik edildiğinden, tedarik zinciri sürecinde çevresel gerekliliklere daha fazla dikkat etmek ve potansiyel tedarikçileri seçim sürecine yeşil kriterler ekleyerek değerlendirmek önem kazanmaktadır [10]. Bir TZY'de çevresel sürdürülebilirliğin önemi, satın alma stratejilerine ve tedarikçilerine büyük ölçüde bağlıdır. Tedarikçi seçim süreci, MG'lerin ve teknik gerekliliklerin veya tedarikçi seçim kriterlerinin bir kombinasyonu olarak

analiz edilir. Bu nedenle, tedarikçi ilişkileri, tedarikçinin niteliklerinden hangisinin belirlenmiş hedeflerine ulaşılmasında en büyük etkiye sahip olduğunu sınıflandırmayı amaçlayan bir kalite evi modeli (HoQ) olarak görülebilir.

Bu çalışma; hem geleneksel hem de yeşil tedarikçi seçim kriterlerini aynı anda değerlendirirken, tedarikçi performansını değerlendirmek ve en iyi tedarikçiyi seçmek için entegre bir yaklaşım geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bunun için DEMATEL modeli, QFD modeli ve [11] tarafından önerilen AT2 BAHP'den oluşan entegre yaklaşımı kullanılarak Gaziantep ilinde tanınmış bir yumurta üretim şirketi için on alternatif yeşil tedarikçiyi değerlendirme ve sıralama işlemi üzerine bir vaka çalışması yapılmıştır. Önerilen modeli uygulamak ve yöneticilerin müşteri standartlarını ve düzenlemelerini daha net anlamaya yönlendirmek için tanınmış bir yumurta üretim şirketinin gerçek bir incelemesini yaptık. Önerilen entegre yaklaşımı, özellikle tedarikçi seçim alanında ve genel olarak herhangi bir karmaşık karar verme durumunda, daha gerçekçi ve pratik çözümler sunacaktır. Çalışmanın literatüre yapacağı katkıları aşağıdaki şekilde özetleyebiliriz:

- Çalışmanın literatüre yapacağı en önemli katkısı tedarikçi seçiminde karşılaşılan probleme objektif ve sübjektif verileri birlikte dikkate alan ve kolay prosedürlerle hızlı biçimde çözüme ulaşan yeni bir hibrid (DEMATEL, QFD ve AT2 BAHP) yöntemle çözüm sunulmasıdır.
- Önceki çalışmaların birçoğunun ekolojik verimlilik yerine sadece tedarikçilerin ekonomik verimliliğine yoğunlaştığı ve tedarikçi seçim çalışmalarında çevresel sorunları nadiren fark ettiği ve dikkate aldığı görülmüştür. Bu çalışma ile firma ve tedarikçileri için hem ekolojik verimlilik hem de ekonomik verimlilik faktörleri bir arada kullanılmış ve müşteri talepleri de dikkate alınarak gerçek bir firma ve tedarikçileri üzerinde başarı ile uygulanmıştır. Önerilen hibrid yaklaşımın diğer benzer uygulamalar için bir örnek teşkil edeceği ve bu yönde literatüre katkı sağlayacağı,
- DEMATEL, QFD ve AT2 BAHP yöntemin birlikte kullanıldığı Türkçe ve yabancı herhangi bir yayının bulunmayışı,
- Yine önerilen hibrid yöntemin, sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirmenin yanında organizasyonların daha rekabetçi hale gelmesini sağlayacak, çevreye duyarlı tedarikçi zinciri yönetimi sisteminin geliştirilmesinde hayati bir araç olarak hizmet etmesi beklenmektedir.

Ayrıca bu çalışmanın, literatürdeki diğer araştırmalardan farklılıklarını aşağıda açıklandığı şekilde özetleyebiliriz:

- Bu çalışma ile ilk defa müşteri değişkenleri ve teknik tedarikçi kriterleri arasında var olan karşılıklı bağımlılıkların sistematik bir analizi yapılmıştır.
- Müşteri gereksinimleri ve firma kriterleri dikkate alınarak yeşil tedarikçi seçimi için entegre bir yaklaşım (DEMATEL-QFD-AT2 BAHP) ortaya konulmuştur. Yine bu çalışma ile ilk defa

DEMATEL, QFD ve AT2 BAHP yöntemleri bir arada kullanılmış ve başarılı bir şekilde tedarikçi seçim problemine uygulanmıştır.

- Önceki çalışmaların bir çoğu ekolojik verimlilik yerine sadece tedarikçilerin ekonomik verimliliğine yoğunlaştığı ve tedarikçi seçim çalışmalarında çevresel sorunları nadiren fark ettiği ve dikkate aldığı görülmüştür. Oysaki bu çalışmada; müşteri talepleri de dikkate alınarak yeşil faktörlere ve buna bağlı olarak yeşil tedarikçilere daha çok odaklanılmıştır.
- Geleneksel çok kriterli karar verme yöntemleri tip-2 bulanık kümelerle birleştirilerek yeşil tedarikçilerin sıralanması sağlanmıştır.
- Bu çalışma ile tedarikçi seçimi için müşteri gereksinimlerinin yanında ilk defa Aralık Tip-2 Bulanık Kural Tabanlı AHP yöntemi kullanılarak uzman bilgisi de tedarikçi seçimin içerisine dahil edilmiştir.
- Müşteri gereksinimlerine ve yönetimler için çevreye daha duyarlı tedarikçilerin seçimine önem verilmiştir. Ayrıca bu çalışma ile tedarikçinin performansını bir dizi kriter üzerinden modelleyebilme yeteneği, şirkete verimli yönetim yetkinlikleri için bir yetenek geliştirme analizi başlatması olanağı sağlanmıştır.
- Önerilen entegre yaklaşımın uygulanması sonucunda bir şirketin ne düzeyde yeşil tedarik zinciri uygulamaları gerçekleştirdiklerinin analizi yapılmıştır. Ayrıca önerilen entegre yaklaşımın diğer tüm şirketler içinde uygulanabilirliği görülmüştür.
- Önerilen entegre (hibrid) yaklaşımında; diğer çalışmalardan farklı olarak ilk defa müşteri gereksinimleri, teknik kriterler (firma kriterleri) ve uzman bilgisi (kural tabanı) bir arada kullanılmış ve yeşil tedarikçi seçim problemine başarılı bir şekilde uygulanabilirliği sağlanmıştır.

Bu çalışmanın geri kalan kısmı aşağıdaki şekilde yapılandırılmıştır: Literatür çalışması bölüm 2'de açıklanmıştır. Bölüm 3'te araştırmanın önemi üzerinde durulmuştur. Bölüm 4'te yeşil tedarikçi seçimi için önerilen entegre yaklaşımı sunulmuştur. Bölüm 5'te tanınmış bir yumurta üretim şirketi üzerinde önerilen yöntem uygulanmış ve alternatiflerin seçimi ve sıralanması yapılmıştır. Bölüm 6'da uygulama sonuçlarının analizine ve Bölüm 7'de ise sonuç ve tartışmalara yer verilmiştir. En son olarak Ekler bölümünde önerilen entegre yönteminin tüm gerekli yöntem ve formlere yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI (LITERATURE REVIEW)

Bu bölümde, geleneksel ve yeşil tedarikçi seçim yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmalar kısaca ele alınacaktır. Hem yeşil hem de sürdürülebilir tedarikçi seçimi, TZY çalışma çerçevesinde ortak bir araştırmadır. Sürdürülebilirlik, dünyayı farklı açılardan ancak şirketler düzeyinde yönetmek için kullanılan stratejilerin daha büyük bir resmidir. Yeşil tedarikçi seçimi, büyük resmin, sürdürülebilirliğin hayati bir parçası olarak düşünülebilir. Çevre, sürdürülebilir tedarikçi seçiminin ve boyutlarının ana parçasıdır [12]. Yumurta üretim sektöründe, tedarik zincirinin her bir kesiminde ve

genelinde işletmelerin büyüklüğü değişir. Hem ulusal hem Avrupa hem de uluslararası direktiflerden son birkaç yıl içinde getirilen bir dizi çevre mevzuatı ve standardı vardır ve bunun sonucunda endüstri yüksek düzeyde düzenlenmiştir [13]. Yumurta endüstrisi; büyük ölçüde dışkı, ölü tavuklar, koku, emisyon (toz ve yakıt kaynaklı), ambalaj atıkları vb. etkenlerin sebep olduğu çevre kirliliği sebebiyle çevresel mevzuat ve standartlara uymaları açısında yüksek ilgi görmüştür. Bu tür standartlar ve düzenlemeler, yumurta üretim şirketlerinin tüm çevresel faaliyetleri kontrol etmesini, gözlemlemesini ve ölçmesini zorunlu kılar. [14], tedarikçinin çevresel faktörlerinin ve sorumluluğunun, tüm tedarik zinciri performansını doğrudan etkileyebileceğine inanıyordu. Bu yüzden büyük şirketler, tedarik zincirinde iyi çevresel ve sosyal uygulamaları geliştirmek için güçlü stratejilerini kullanabilirler. Bu nedenle biz bu çalışmada; daha çok atık azaltma, kirlilik azaltma, enerji verimliliği, emisyonların azaltılması ve tehlikeli madde tüketimindeki azalma ile ilgili çevresel ve yeşil faktörlere odaklandık. Bu alanda yapılan çalışmalar özetle şu şekilde açıklanabilir: [15], kirlilik kontrolü, yeşil ürün, yeşil süreç yönetimi, çevre ve yasama yönetimini en önemli yeşil tedarikçi zinciri yönteminin kriterleri olarak kabul etmiştir. [16] çevre dostu teknolojinin kullanımı, çevre dostu malzemelerin kullanımı, yeşil organizasyon ile ortaklık, yeşil pazar payı, yönetim taahhüdü, çevre politikalarına bağlılık, yeşil AR-GE projeleri, personel eğitimi vb. dahil olmak üzere 12 çevresel kriter önerdi. [17], KOBİ'lerde tedarikçi seçimine karar vermek amacıyla QFD, AHP ve TOPSIS'e dayanan bir yöntem önermiştir. [18], AHP ve QFD'nin entegre yaklaşımına dayanan stratejik bir tedarikçi seçimi sundu. [19], tedarikçi seçim sürecinde QFD kavramını kullanan bulanık birçok kriterli grup karar verme yaklaşımı geliştirdi. Bulanık ağırlıklı ortalama yöntemini kullanarak, tedarikçi firmaların kriter ve ağırlıklarının sınırlarını hesapladılar. [20], dış macunu paketlemesi için tedarikçi seçiminin ortak satın alma problemini analiz etmek üzere QFD metodolojisine yönelik yapısal bir yönetim yaklaşımı sunmuştur. [21], bir ilaç firması için alternatif tedarikçinin performansını ölçmek için bütünsel çok kriterli bulanık karar verme yaklaşımı (QFD ve bulanık AHP) geliştirdiler. Son zamanlarda gıda üretiminin çevresel etkisi, işletme yönetiminin verimliliğini artırmak için gıda şirketleri üzerinde baskı yarattı. Bu ise bir gıda tedarik zincirindeki tüm aktörler arasında işbirliğini gerektirir. Çünkü sonuçta zincirin sonundaki tüketici tüm çabalara verilen prime karar verir [22]. [3], SWARA, QFD ve WASPAS'ı kullanan müşteri tutumları dikkate alınarak entegre bir tedarikçi seçim problemi modeli önerdi. [23] tedarikçi seçim problemini tartışmak için ANP, QFD ve Markov zincirini entegre eden yenilikçi bir müşteri tabanlı yaklaşım önerdi. [24], esnek bir tedarikçi seçim süreci geliştirmek için bulanık çok kriterli bir grup karar verme yaklaşımı olan AHP-QFD-TOPSIS'i tasarladılar. [5], yeşil tedarikçi seçimi için entegre bir yaklaşım olan DEMATEL-QFD-COPRAS'ı sundu ve uygulanabilirliğini ortaya koymak için bir vaka çalışmasında önerilen metodolojiyi kullandılar. [25], FAHP-QFD tabanlı sürdürülebilirlik Üçlü Bottom Hattı yaklaşımına dayanan bir tedarikçi seçimi ve sipariş tahsisi modeli sundu. Gerçek bir

gıda endüstrisi uygulamasında tedarikçiye sipariş vermek için bulanık çok amaçlı bir karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama modelini kullandılar. [26], içecek endüstrisinde tedarikçi seçimi ve sipariş tahsisi için iki aşamalı bulanık QFD ve rastlantısal çok amaçlı bir matematiksel model olarak iki fazlı yaklaşım önermiştir. Literatür taramasından (bak. Tablo 1), geçmişte birçok araştırmacının uygun tedarikçileri değerlendirmek ve seçmek için bir dizi yöntem ve entegre yaklaşımlar kullandığı gözlemlenmiştir.

3. ARAŞTIRMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Daha önce belirtildiği gibi, tedarikçi seçim süreci; müşteri kriterleri ve tedarikçi kriterlerinin bir kombinasyonu olarak analiz edilir. Müşterilerin özel gereksinim ve tutumlarına değer vermek, rekabet gücünü ve stratejik avantajını arttırmak gerek gıdaya gerekse de diğer tüm üretim şirketlerinin temel amaçlarındandır. Her ne kadar birçok çalışma müşteri memnuniyeti endekslerinin ve mühendislik özelliklerinin tedarikçi seçim sürecindeki etkisini ele alsada, bildiğimiz kadarıyla bunların hiçbiri bu değişkenlerin birbirleriyle nasıl etkileşime girdiklerine dair sistematik bir değerlendirme ile ilgilenmemiştir ve yeşil tedarikçinin sistematik bir analizi ile ilgili önemli bir açıklığın olduğu aşikârdır [35]. Bu amaçla bu açığı kapatmak için, TZY'nin yeşil yapıları ve alt yapıları ile performans ölçümüne katkıda bulunan tüm organizasyonel unsurları birbirine bağlamak gerekir [36]. Bu amaçla önerilen birleştirilmiş yöntem, müşteri değişkenleri ve teknik tedarikçi kriterleri arasında var olan karşılıklı bağımlılıkların sistematik bir analizini sunarak yukarıda belirtilen her iki boşluğu da kapatmayı hedeflemektedir. Bu analiz sadece tüm ilgili sürdürülebilir faktörler ve alt faktörler için net bir hiyerarşik yapı tanımlamakla kalmayıp, aynı zamanda müşteri gereksinimlerine verilen önem temelinde karar kriterlerini de ağırlıklandırmaya izin vermektedir. Ayrıca tedarikçi seçimi karar verme yaklaşımlarının entegre yöntemlerle geliştirilmesi çok spesifik olabilir. Çünkü her bir özel yöntem, yalnızca uygun bir şekilde bütünleşmeleri durumunda kararlı çözümlere olanak sağlayan genel işlevler içerir. Günümüzde hızla artmakta olan çevresel sorunlar,

azalmakta olan doğal kaynakların yok olma tehlikesini arttırmaktadır. Ortaya çıkabilecek olan kaynak kıtlığı sorunu, firmaların çevreye duyarlılık konusunda daha bilinçli davranıp bu konuda hızla önlemler almalarını gerektirmektedir. Bu bağlamda firmalar, doğal kaynakların adil kullanımını dikkate alarak, tedarik zincirlerini etkin yönetmelidirler [37]. Özellikle son yıllarda artan çevre bilinci ile tüketiciler daha çevreci ürünleri tercih eder duruma gelmiştir. Bu beklentiye cevap vermek isteyen üreticiler ürünlerini “yeşil” yapabilmek için ürün yaşam döngüsü boyunca tüm adımlarını çevreye duyarlı hale getirmek zorundadır. Bu döngünün ilk basamağı satınalma ve tedarikçi seçimidir. Yeşil satınalma, bir ürünün hammaddesine, bu hammaddenin nereden geldiğine, kim tarafından üretildiğine ve nihai ürünün nasıl bertaraf edileceğine hakim olmayı gerektirir. Bir ürünün çevre etkilerini azaltmak için üretimde kullanılan hammadde, enerji, su gibi kaynakların azaltılması, çevreci üretim süreçlerinin tasarlanması, ambalaj malzemelerinin ve taşıma yöntemlerinin daha çevreci olanlar ile değiştirilmesi, yeniden kullanım gibi iyileştirmeler yapılması gerekmektedir. Ayrıca üretimde kullanılacak hammadde girdisi için de uygun tedarikçinin seçimi ayrıca önem kazanmaktadır. Yeşil tedarik zinciri yönetimi, çevreye verilen zararı en aza indirerek, zincirde yer alan firmaların ekolojik etkinliğini artırırken aynı zamanda firmaların kar ve pazar payını arttırmayı hedefleyen bir örgüt felsefesi olarak ortaya çıkmaktadır [38]. Yeşil tedarik zinciri, ürün geliştirme ve çevreye duyarlı ürün/hizmet üretme stratejilerini birleştirmektedir. Anladığımız kadarıyla ülkemizde yeşil tedarik zinciri uygulamalarına yönelik çalışmaların kısıtlı olmasının yanısıra, konunun hem dünyanın geleceği açısından büyük önem taşıması hem de şirket performanslarına olumlu katkılarda bulunması, bu konudaki çalışmaların artırılması gerektiğini göstermektedir. Bu anlamda, şirketlerin ne düzeyde yeşil tedarik zinciri uygulamaları gerçekleştirdiklerinin belirlenmesi, bu konudaki çalışmalara ivme kazandırılması açısından büyük önem taşımaktadır [39].

Çevresel konularda yapılan köklü değişimler ile birlikte kamuoyu baskısı ve çevre lojistiği, çevresel ve sosyal konularda bir işin yönetiminde daha önemli hale

Tablo 1. Yeşil tedarikçi seçim yöntemleri üzerine önceki araştırmaların özeti
(Summary of previous researches on green supplier selection methods)

Yazar/Yazarlar	Kullanılan Yöntem	Uygulama Alanı
[27]	Bulanık TOPSIS ve MOLP	Kâğıt Endüstrisi
[28]	Aralık Tip-2 Bulanık AHP ve TOPSIS	Denizcilik Mühendisliği
[29]	Kural Tabanlı Ağırlıklandırılmış Bulanık Yöntem, Bulanık AHP ve MOMP	Gıda Endüstrisinde Ambalaj Filmleri
[30]	AHP ve VIKOR	Otomobil Endüstrisi
[11]	Aralık Tip-2 Bulanık Kümeler, Bulanık AHP	Tedarikçi Seçimi
[31]	Bulanık TOPSIS	Otomobil Endüstrisi
[32]	Aralık Tip-2 Bulanık Kümeler, Bulanık MULTIMOORA	Personel Seçimi
[33]	Sezgisel Bulanık VIKOR	Tekstil Endüstrisi
[34]	Aralık Tip-2 Bulanık Kümeler, Bulanık TOPSIS	Elektronik Mühendisliği

gelmektedir. Yeşil tedarikçi seçimi, tedarikçi seçiminde kullanılan genel kriterlerin yanı sıra çevreye duyarlılığı sağlamak adına çevresel kriterlerin eklenmesi ile gerçekleştirilir [40]. Yeşil Tedarikçi Zinciri Yönetimi (YTZY), ürünlerin çevresel gerekliliklere ve düzenlemelere uygun olarak performansını artırmak için bir yaklaşımdır. YTZY; tasarım, üretim ve dağıtımdan tüm tedarik zincirine, son kullanıcılar tarafından ürünlerin kullanımına ve ürünün kullanım ömrünün sonunda elden çıkarılmasına kadar ürünün yaşam döngüsünün tüm aşamalarını kapsar. Burada tedarikçilerin rolü ise göz ardı edilemez. Bunun ışığında, tedarikçi seçim kriterlerinin yeşil bakış açısına göre yeniden tasarlanması gerekmektedir. Bu sebeple; bu çalışmanın temel amacı, entegre bir formülasyon kullanarak yeşil tedarikçileri değerlendirme ve derecelendirme sorununu çözmektir.

Ayrıca geçmişte tedarikçi seçimi için tanımlanan kriterler normal olarak, fiyat rekabeti üzerine odaklanırken, yeşil uygulamalarda işletmeler, ürün, üretim, ekonomik kârlılık ve sürdürülebilirliği sağlamak için en önemli kriter olarak ekolojik koşulları öncelikli değerlendirmek zorundadır [41]. Bu çalışmada, klasik tedarikçiler ile yeşil tedarikçiler arasındaki farklar, kriterlerin önem ağırlıklarına göre sıralı bir şekilde aşağıda Tablo 2’de belirtilmiştir.

Ayrıca literatür incelenmesi sonucu yeşil tedarikçi seçimi ile ilgili bir çok araştırma yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran farklılıkları aşağıda görüldüğü şekilde özetleyebiliriz:

- Her ne kadar birçok çalışma müşteri memnuniyeti endekslerinin ve mühendislik özelliklerinin tedarikçi seçim sürecindeki etkisini ele alsada, bunların hiçbiri bu değişkenlerin birbirleriyle nasıl etkileşime girdiklerine dair sistematik bir değerlendirme ile ilgilenmemiştir. Bu çalışma ile müşteri değişkenleri ve teknik tedarikçi kriterleri arasında var olan karşılıklı bağımlılıkların sistematik bir analizi yapılmıştır.
- Geleneksel Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri (DEMATEL, QFD) aralık tip-2 bulanık sayılar ile birleştirilmiş ve müşteri talepleri de seçimin içerisine katılarak tedarik seçim problemine başarı ile uygulanmıştır.
- Önerilen entegre yaklaşımın uygulanması sonucunda bir şirketin ne düzeyde yeşil tedarik zinciri uygulamaları gerçekleştirdiklerinin analizi yapılmıştır. Ayrıca önerilen entegre yaklaşımın diğer tüm şirketler içinde uygulanabilirliği görülmüştür.

- Müşteri gereksinimlerine ve çevreye daha duyarlı tedarikçilerin seçimine önem verilmiştir.
- Bu çalışma ile müşterilerin tedarikçi firmalar için en çok dikkat ettikleri çevre odaklı kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Böylelikle diğer tedarikçi firmaların da müşteri taleplerine göre yeşil odaklı olarak kendilerini bu doğrultuda revize etme olanağı tanınmıştır.
- Önceki çalışmaların ekolojik verimlilik yerine sadece tedarikçilerin ekonomik verimliliğine yoğunlaştığı ve tedarikçi seçim çalışmalarında çevresel sorunları nadiren fark ettiği ve dikkate aldığı görülmüştür. Oysaki bu çalışmada; müşteri talepleri de dikkate alınarak yeşil faktörlere yeşil tedarikçilere daha çok odaklanılmıştır.
- Bu çalışma ile firmalar için yönetsel olarak üst sıralarda yer alan tedarikçilerin değerlendirme puanlarını görebilme, tedarikçilerin zayıflıklarını anlama ve gelecek planları için mantıksal bir karara kavuşmak adına örnek bir vaka uygulaması yapılmıştır.
- Bu çalışma ile tedarikçinin performansını bir dizi kriter üzerinden modelleyebilme yeteneği, şirkete verimli yönetim yetkinlikleri için bir yetenek geliştirme analizi başlatması olanağı sağlanmıştır.

En iyi tedarikçileri seçmek, her ÇKKV problemi için tipik bir süreç olduğundan, seçim kriterlerinin önem derecesini (ağırlık) belirlemek ve tedarikçileri bu kriterlere göre değerlendirmeyi de kapsayan bazı temel hedeflerin altını çizer [3]. Bu çalışmada, bu hedeflere entegre bir ÇKKV modeli ile ulaşıldığı vaka odaklı bir model geliştirdik. İlk olarak, tedarikçilere ve müşterilere verilen tüm ilgili faktörler/kriterler tanımlanmıştır. Ana faktörler müşteri gereksinimleri (MG'ler) olarak yorumlanır ve tedarikçileri ağırlıklandırmak için gerekli teknik tedarikçi gereksinimleri belirlemek için kullanılır. İkincisi, DEMATEL ve QFD modeli, sunulan tüm kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için entegre edilmiştir. Ayrıca doğrudan ve dolaylı nedensel ilişkiler kurmak ve müşteri değişkenleri arasındaki seviyeleri etkilemek için karmaşık bir sistemin farklı değişkenleri arasındaki etkileşim ilişkisini değerlendirmek için DEMATEL'i kullanma seçeneğimiz de literatürde yenidir. Daha sonra QFD modeli, her bir tedarikçi seçim kriteri çifti ve MG'ler arasındaki ilişki derecesini belirlemek ve merkezi bir ilişki matrisi oluşturmak için kullanıldı. Ardından, alternatif tedarikçileri önceliklendirmek ve sıralamak için AT2 BAHP uygulandı. Bunun için DEMATEL modeli, QFD modeli ve [11] tarafından önerilen AT2 BAHP'den oluşan entegre yaklaşımı kullanılarak Gaziantep ilinde tanınmış bir yumurta üretim şirketi için on alternatif yeşil tedarikçiyi değerlendirme ve sıralama işlemi üzerine bir vaka çalışması

Tablo 2. Klasik tedarikçi ile yeşil tedarikçiler arasındaki farklar (Differences between classical and green suppliers)

Özellikler	Geleneksel Tedarikçiler	Yeşil Tedarikçiler
Amaç ve değerler	Ekonomik	Ekonomik ve ekolojik
Ekolojik optimizasyon	Yüksek entegre yaklaşım	Ekolojik etkiler
Tedarikçi seçimi kriterleri	Fiyat değiştirme Kısa vadeli tedarikçi ilişkileri	Ekonomik görünüm Uzun süreli tedarikçi ilişkileri
Maliyet fiyatları	Düşük	Yüksek
Hız ve esneklik	Yüksek	Düşük

yapılmıştır. Önerilen modeli uygulamak ve yöneticilerin müşteri standartlarını ve düzenlemelerini daha net anlamaya yönlendirmek için tanınmış bir yumurta üretim şirketinin gerçek bir incelemesini yaptık. Önerilen entegre yaklaşımı, özellikle tedarikçi seçim alanında ve genel olarak herhangi bir karmaşık karar verme durumunda, daha gerçekçi ve pratik çözümler sunacaktır.

4. YEŞİL TEDARİKÇİ İÇİN ÖNERİLEN BİRLEŞTİRİLMİŞ SEÇİM YÖNTEMİ (PROPOSED INTEGRATED SELECTION METHOD FOR THE GREEN SUPPLIER)

Önerilen yaklaşımın literatüre ana katkısı gerek müşteri gereksinimleri ve şirketlerin tedarikçi kriterlerini birleştirmesi gerekse de DEMATEL, QFD ve AT2 BAHP yöntemlerini birleştirmesidir. Önerilen yöntemin DEMATEL-QFD aşaması, dış paydaşların ve müşterilerin memnuniyetinin karar sürecine girdiği durumlarda temel bir rol oynayan karar ölçütleri için müşteriye bağlı ağırlıklandırma yöntemini uygulamak için basit bir yöntem sunar. AT2 BAHP aşaması ise her tedarikçiyi her tedarikçi seçim kriterine göre değerlendirmek ve sıralamak için bir yöntem olarak kullanılmıştır. Daha fazla bilgi için tüm yöntemler 8. bölümde verilmiştir. Önerilen yöntemin tamamı aşağıda dört aşamada özetlenmiştir:

4.1. Aşama I. Müşteri ve Tedarikçi Seçim Taleplerinin Belirlenmesi

(Determination of Customer and Supplier Selection Requirements)

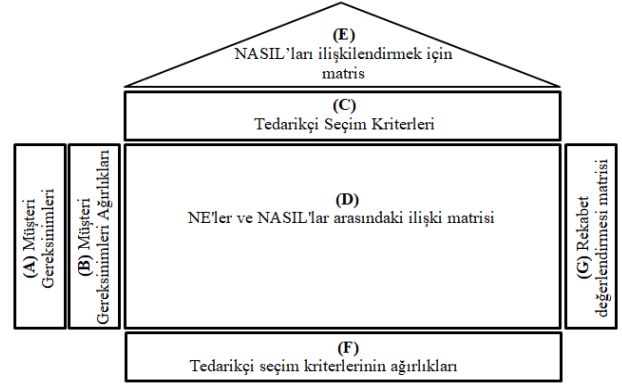
Bu aşamada; ilgili yeşil ve çevresel faktörler/kriterler, belirtilen literatür ve analiz edilen şirketin özellikleri dikkate alınarak seçilir. Doğru sürdürülebilir faktörleri ve alt faktörleri belirlemek için şirketten uzmanlara bilgi ve veri toplamak için danışılır. Bu işaretler sonucunda iki tür faktör toplanmaktadır: MG'ler ve tedarikçi seçim kriterleri. MG'ler, müşteri değişkenleridir, yani müşterilerin seçimlerini temel alacağı kriterlerdir. Bu müşteri kriterleri ele alınan problemin "NE" sorusunun cevaplarını ifade etmektedir. Tedarikçi seçim kriterleri, aday tedarikçileri sıralamak için tüm kriterleri, yani MG'lerin yerine getirilmesi için göz önünde bulundurulması gereken tüm kriterleri içerir ve bu kriterler ele alınan problemde QFD'nin "NASIL" sorusunun cevaplarını ifade etmektedir.

4.2. Aşama II. Müşteri ve Tedarikçi Seçim Kriterlerinin Ağırlıklandırılması

(Weighting Customer and Supply Selection Criterion)

Bu bölüm iki aşamada incelenir: Birincisi MG'lere, tedarikçi seçim kriterleri ile nedensel ve algısal bir ilişki kurmak için DEMATEL yöntemi kullanılarak genel bir ağırlık verilir. İkincisi olarak bir önceki aşamada DEMATEL yöntemi kullanılarak MG'lerin normalize edilmiş değerleri, QFD tabanlı analiz için daha sonra kullanılacak olan MG'lerin ağırlıkları olarak kabul edilir. Bu ağırlıklar daha sonra QFD'de tedarikçi seçim kriterlerini ağırlıklandırmak için kullanılır. [42] tarafından QFD modeli şu şekilde tanımlanmıştır: QFD dönüşümleri genellikle kalite evi

(HoQ) olarak bilinen bir matris ile temsil edilmiştir. Bu matris, aşağıdaki maddeleri içeren MG'ler (NE'ler) ile tedarikçi seçim kriterleri (NASIL'lar) arasındaki ilişkiyi ifade eder: Burada; A) NE'ler matrisi, B) NE'lerin önemini (Ağırlıklarını), C) NASIL'lar matrisini (tedarikçi seçim kriterlerini), D) NE'ler ve NASIL'lar arasındaki ilişki matrisi, E) NASIL'ları ilişkilendirmek için matris, F) NASIL'ların görece önemi veya ağırlıkları (tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlıkları) ve G) Rekabetçi değerlendirme matrisi [42]. Aşağıda Şekil 1'de QFD'nin çalışma prensibi verilmiştir.



Şekil 1. Yeşil tedarikçi seçim problemi için QFD süreci (QFD process for green supplier selection problem)

Birinci alt aşamada, DEMATEL'in karşılaştırma matrislerinde girilecek verileri toplamak ve böylece tüm MG'lerin ağırlıklarını belirlemek için departman uzmanları tarafından bir anket yapılır. İkinci alt aşamada, MG'lerin tedarikçi seçim kriterlerine bağlandığı HoQ matrisini oluşturmak için başka bir anket yapılır. Bu ankette, her karar kriterinin müşterilerin alt faktörlerinden nasıl etkilendiğine ve bunun tersi yönündeki kararlar istenir. Bu matrisi oluşturan ilişkiler 1,3,6 ve 9 ölçeği kullanılarak değerlendirilir.

4.3. Aşama III. Her Tedarikçi Seçim Kriterine Göre Tedarikçilerin Ağırlıklandırılması

(Weighting the Suppliers Per Each Supply Selection Criterion)

Bu aşamada, aday tedarikçilerin performans derecesini belirlemek için satın alma departmanı uzmanları tarafından bir anket yapılır. Bu anket kullanılarak toplanan veriler, her bir tedarikçi seçim kriterlerine göre karşılaştırma matrisleri için kullanılır. Sorular, tedarikçilerin bir tanesinin, her bir spesifik karar kriteri bakımından ne kadarının tercih edildiğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bunun için Tablo 13'te yer alan dilsel değişkenlerin aralık tip-2 bulanık ölçekleri kullanılarak her aday tedarikçi, ayrı ayrı tedarikçi seçim kriterlerine göre uzmanlar tarafından değerlendirilir.

4.4. Aşama IV. AT2 BAHP Yöntemi ile Tedarikçileri Sıralamak

(Ranking the Suppliers with IT2 FAHP Method)

Bu aşamada, tedarikçileri sıralamak için AT2 BAHP uygulanır. Bu yöntemi uygulamak için, hem ikinci

aşamadaki tüm tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlıkları hem de üçüncü aşamada her bir tedarikçi seçim kriterine göre elde edilen aday tedarikçilerin öncelik değerleri gereklidir. Bu yöntemin uygulama adımları 8. Bölümün 8.3. adımında verilmiştir.

5. ÖRNEK OLAY: YUMURTA ÜRETEMİ YAPAN BİR FİRMA İÇİN YEŞİL TEDARİKÇİ SEÇİMİ (CASE STUDY: GREEN SUPPLIER SELECTION FOR AN EGG PRODUCTION)

5.1. Örnek Olay İncelemesinin Kısa Bir Tanıtımı (Short Introduction of Case Study)

Yeşil tedarikçi seçimi için önerilen yaklaşım, 2010 yılında Türkiye'nin Gaziantep şehrinde kurulan Goldenyum Yumurta Şirketi'nin tedarik ve lojistik departmanında uygulanmaktadır. Goldenyum firması yumurta ve tavuk eti üretiminde dokuz yıldan daha fazla bir deneyime sahiptir. İlgili firmanın tedarikçi yönetim bölümü, doğru zamanda, en düşük fiyat ve istenen kalitede geniş bir yelpazede hammadde ve ambalaj temin etmekten sorumludur. Ayrıca, makine, yedek parça, teknik parça, laboratuvar ekipmanı ve malzeme taşıma ekipmanı dâhil olmak üzere şirket için gerekli tüm ekipmanın satın alınmasından bu departman sorumludur. Şirket, tedarikçileri geri dönüştürülebilir

malzemeler kullanmaya, yeşil ve verimli enerjiler kullanarak otomatik kirlilik kontrol sistemleri kurmaya, üst yönetim taahhüdünü arttırmaya vb. teşvik etmektedir. Bu çalışma kapsamında bir tedarikçi seçim yapısı oluşturmak için literatür taramasından sekiz MG ve beş tedarikçi değerlendirme kriteri belirlenmiştir. MG kriterleri olarak finansal istikrar (Fİ), çevre yönetim sistemleri (ÇYS), atık bertaraf programı (ATP), yönetim taahhüdü (YT), kalite kontrol sistemleri (KKS), imalat (İ), tesis (T) ve tersine lojistik (TL) olarak belirlenmiştir. Tedarikçi seçim kriterleri olarak da kalite adaptasyonu (KA), fiyat (F), enerji ve doğal kaynak tüketimi (EDKT), teslimat hızı (TH) ve yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranı (YKGDO) olarak belirlenmiştir. Beş kriter arasında F ve EDKT maliyet kriterleri olarak kabul edilmekte ve geri kalanı ise yararlı kriterler olarak kabul edilmektedir. Yine MG'ler arasında ÇYS, ATP, YT ve TL talepleri ile tedarikçi seçim kriterleri arasında YKGDO kriteri yeşil talep/kriter olarak kabul edilmektedir. MG'ler ve tedarikçi seçim kriterleri aşağıda Tablo 3 ve Tablo 4'te açıklamaları ile birlikte verilmiştir.

Şirket malzeme ve hammaddelerin tedarik edilmesi için on tedarikçi firma ile çalışmaktadır. Şirket, tedarikçiler arasında ambalaj hammaddeleri, yumurta ile et paketleme malzemeleri ve tavuk yemi için temel hammaddelerini temin

Tablo 3. Müşteri gereksinimlerine ait tanımlar (Definitions of customer requirements)

Müşteri Gereksinimleri	Açıklama
Finansal İstikrar	Tedarikçi firmalar için sisteme olan güvenin sağlanmış ve sürdürülüyor olması gerekmektedir. Tedarikçi firmalar için geniş anlamda finansal istikrar; ödeme sistemi, riski dağıtma, kaynakların etkin dağılımı gibi ekonomik fonksiyonların geçici bir dalgalanma, şok veya yapısal değişim dönemlerinde bile etkin bir şekilde yerine getirilmesi durumudur. Dar anlamda finansal istikrar ise varlık fiyatlarında uzun süreli oynaklıkların yaşanmaması durumudur. Tedarikçinin yıllara göre kârlılık oranları ve büyüme potansiyeli finansal istikrarını gösteren unsurlardır.
Çevre Yönetim Sistemleri	ISO 14001 Sertifikası olması, çevresel politikalar, çevresel faaliyetlerin kontrolü, Ulusal ve/veya uluslararası mevzuatlara uyumun artırılması, Çevresel performansın artırılması gibi bileşenlerden oluşur.
Atık Bertaraf Programı/Atık Yönetimi	Atıkların öncelikle kaynaktan önlenmesi, üretilen atıkların kaynaktan ayrıştırılması, geri dönüşebilir atıkların kullanılması, depolanacak atık miktarının azaltılması, geri dönüştürülemeyen atıkların ise çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde depolanmasının sağlanması olarak tanımlanır.
Yönetim Taahhüdü	Ürünün hammadde girişinden, üretim aşamalarına, ambalajlanmasına, depolanmasına, sevkedilmesine, tüketilmesine ve atık halde yok olmasına kadar bütün yaşam döngüsü boyunca doğanın korunduğuna, doğaya bir zarar verilmediğine veya doğaya verilen zararın en düşük seviyede tutulduğuna dair üst yönetimlerin vermiş oldukları taahhüddür.
Kalite Kontrol Sistemleri	Ürün Kalitesi, Hatalı Malzeme/Ret Oranı, Kalite Sertifikası Bulunması, Kalite Problemlerine Çözüm
İmalat	İmalat, buldukları şekliyle toplumun pek işine yaramayan ham maddelerin ve yarı mamullerin makine ve iş gücüyle işlenerek her türlü malın elde edilmesi faaliyeti olarak tanımlanır.
Tesis	Müşteri ihtiyaçlarını ve pazar isteklerini karşılayabilmek için kaç adet fabrika, depo veya birleşim noktası gerektiğini belirleyen değişkendir.
Tersine Lojistik	hammadde, yarı mamul, nihai ürün ve ilgili bilgilerin tüketim noktasından kaynak noktasına doğru, değer kazandırmak ya da uygun şekilde yok edilmesini sağlamak amacıyla etkin akışını planlama, uygulama ve kontrol faaliyetleri bütünüdür.

etmektedir. Bu tedarikçiler arasında A5, A3 ve A7 yıllardır faaliyettedir ve kaplama naylonlarının temininden sorumludurlar. Ayrıca bu üç tedarikçi teslimat ve işbirliği konusunda çok esneklerdir. Yine A3 tedarikçisi aynı zamanda kalite adaptasyonu ve tedarik edilen malzemelerin yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranına önem veren bir tedarikçidir. A5 tedarikçisi ise enerji ve doğal kaynak tüketimine son derece önem veren bir tedarikçidir. Ayrıca A2, modern ve yüksek teknolojiye sahip tesislere ve çok saygılı insan kaynakları sistemine sahip bir tedarikçidir. A1, A6 ve A10, kağıt etiketler ve paketleme ambalajları gibi ürünleri oluşturmak için kullanılan ambalaj ürünlerini üretirler. Teslimat hızı olarak A1 tedarikçisine göre A6 ve A10 tedarikçileri daha yavaştır. A2, A4, A8 ve A9 tedarikçileri, tavuklar için yem olarak kullanılan temel hammaddelerin tedarik edilmesinden sorumludurlar. A8 tedarikçisi enerji ve doğal kaynak tükemine ve müşteri ilişkilerine son derece önem veren bir tedarikçidir.

Türkiye, çevre ile ilgili birçok anlaşmaya taraf olan bir ülkedir. Örneğin; 2018 yılında ülkelerin Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı (COP24) için bir araya geldiği Polonya'nın Katowice şehrinde o yıl, on üçüncüsü yayınlanan bütçede, ülkelerin tükettiği fosil yakıtlar ve salınan emisyon miktarları detaylarıyla ele alındı. Rapor

Türkiye'den de sonuçlar içerdi. Buna göre, Türkiye'de de 2018'de emisyonlarda artış görülüyor. 2000 ile 2017 arasında Türkiye'nin kömür kaynaklı emisyonları yıllık ortalama yüzde 5,4 büyümeye kaydederken, petrolde ise bu oran yüzde 6,2 olarak gerçekleşti. Bu sebeple, bu günlerde yeşil tedarikçileri gelecek için daha büyük bir vizyon olarak seçmek geçmişe kıyasla daha gerekli görünmektedir. Yakın gelecekte şirketler yeni düzenlemelere ve standartlara uymalıdır. Bu çalışmada da; Türkiye'nin en prestijli şirketlerinden biri olan Goldenyum Şirketi, bu çerçevede öncü bir şirket olarak değerlendirilecektir.

5.2. Uygulama (Implementation)

Bu çalışma kapsamında tanımlanan sekiz MG'lerin hepsi hayati sayıldığından, bu sebeple değerlendirme sisteminin en önemli gereksinimini bulmak ve aralarındaki ilişkileri ölçmek vazgeçilmez hale gelir. Bu nedenle MG'ler arasındaki nedensel ilişkileri ölçmek için DEMATEL yöntemi kullanılır. 8. Bölümün 8.1. adımında açıklandığı gibi DEMATEL adımlarının ardından, daha önce açıklandığı gibi tam sayı ölçeği kullanılarak farklı MG'ler arasındaki ilişkilere ulaşırlar. İlişkiler ölçüldükten sonra, ilk doğrudan ilişkilendirme matrisi (A), Tablo 5'te gösterildiği gibi oluşturulur. Matris A, MG'ler arasındaki etkiler ve yönler

Tablo 4. Tedarikçi seçim kriterlerine ait tanımlar (Definitions of supplier selection criteria)

Tedarikçi Seçim Kriterleri	Açıklama
Kalite Adaptasyonu	Ürün Kalitesi, Hatalı Malzeme/Ret Oranı, Kalite Sertifikası Bulunması, Kalite Problemlerine Çözüm olarak ifade edilebilir.
Fiyat	Tedarikçinin sunmuş olduğu düşük başlangıç fiyatı.
Enerji ve Doğal Kaynak Tüketimi	Tedarikçi firmaların nakliye için kullanmış oldukları enerji ve doğal kaynak tüketimlerini ifade eder.
Teslimat Hızı	Tedarikçi firmanın teslim sürecinde belirlenen zamanda ürünleri teslim hızı.
Yeniden Kullanım ve Geri Dönüşüm Oranı	Yeniden kullanım: Ambalajın kendi yaşam döngüsü içinde tekrar kullanımının imkânsız olacağı zamana kadar, toplama ve temizleme dışında hiçbir işleme tabi tutulmadan yeniden doldurularak veya aynı şekli ile aynı amaç için kullanım ömrünü tamamlayıncaya kadar kullanılmasıdır. Geri dönüşüm: Kullanım sonrası atık malzemelerin çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemler ile hammadde olarak tekrar imalat süreçlerine kazandırılmasıdır.
Tersine Lojistik	hammadde, yarı mamul, nihai ürün ve ilgili bilgilerin tüketim noktasından kaynak noktasına doğru, değer kazandırmak ya da uygun şekilde yok edilmesini sağlamak amacıyla etkin akışını planlama, uygulama ve kontrol faaliyetleri bütünüdür.

Tablo 5. İlk temel ilişki matrisi (A) (The initial direct-relation matrix (A))

MG'ler	Fİ	ÇYS	ATP	YT	KKS	İ	T	TL
Fİ	0	2	2	1	2	3	3	2
ÇYS	1	0	1	1	1	2	2	0
ATP	0	3	0	0	2	1	0	2
YT	4	4	4	0	4	4	4	3
KKS	3	3	3	0	0	3	0	2
İ	3	2	1	0	1	0	1	2
T	1	2	2	0	2	3	0	2
TL	1	3	3	0	1	1	0	0

açısından çift yönlü karşılaştırmalar ile elde edilen 8x8'lik bir matristir. Tablo 5'teki A matrisinden normalize edilmiş direkt ilişkili matrisi (X), Tablo 6'da verildiği gibi hesaplanır. Daha sonra, toplam etki matrisi (T), Tablo 7'de gösterildiği gibi türetilir. Şimdi, sırasıyla D ve R vektörleri ile temsil edilen satır ve sütunların toplamları Tablo 8'de görüldüğü gibi hesaplanır. Tablo 8'den yararlanılarak her MG'ler için toplam ve net etki değerleri olan (D+R) ve (D-R) değerleri Tablo 9'da gösterildiği gibi hesaplanır.

Tablo 9'daki (D+R) ve (D-R) değerleri toplam etki seviyelerinin derecesini ve sırasıyla net etki seviyelerinin

derecesini gösterir. Burada yer alan pozitif değerlerin, diğer gereksinimleri daha fazla etkileyeceğini gösterir. Tablo 9'da YT müşteri talebinin en yüksek etki seviyesine sahip olduğunu ondan sonra Fİ talebinin geldiği görülmektedir. MG'ler için DEMATEL nedensel diyagram Şekil 2'de görüldüğü gibidir.

Şekil 2'deki nedensel şemaya bakıldığında, MG'lerin görsel olarak sebep-sonuç gruplarına ayrıldığı açıktır. Nedensel grubu Fİ, YT, KKS ve T oluştururken, sonuç grubunu ÇYS, ATP, İ ve TL'nin oluşturduğu görülmektedir. Fİ, YT, KKS ve T gerekliliklerinin ÇYS, ATP, İ ve TL için ana itici

Tablo 6. Yeşil MG'ler için normalize edilmiş direkt ilişki matrisi (X) (Normalized direct-relation matrix (X) of green MGs)

MG'ler	Fİ	ÇYS	ATP	YT	KKS	İ	T	TL
Fİ	0	0,0194	0,0194	0,0097	0,0194	0,0291	0,0291	0,0194
ÇYS	0,0097	0	0,0097	0,0097	0,0097	0,0194	0,0194	0
ATP	0	0,0291	0	0	0,0194	0,0097	0	0,0194
YT	0,0388	0,0388	0,0388	0	0,0388	0,0388	0,0388	0,0291
KKS	0,0291	0,0291	0,0291	0	0	0,0291	0	0,0194
İ	0,0291	0,0194	0,0097	0	0,0097	0	0,0097	0,0194
T	0,0097	0,0194	0,0194	0	0,0194	0,0291	0	0,0194
TL	0,0097	0,0291	0,0291	0	0,0097	0,0097	0	0

Tablo 7. Yeşil MG'ler için toplam etki matrisi (T) (Total-relation matrix (T) of green MGs ($t_{ij} > 0,0175$))

MG'ler	Fİ	ÇYS	ATP	YT	KKS	İ	T	TL
Fİ	0,0029	0,0324*	0,0226*	0,0103	0,0218*	0,0323*	0,0306*	0,0313*
ÇYS	0,0113	0,0018	0,0113	0,0100	0,0112	0,0212*	0,0204*	0,0017
ATP	0,0014	0,0306*	0,0016	0,0003	0,0201*	0,0112	0,0008	0,0201*
YT	0,0426*	0,0445*	0,0436*	0,0012	0,0425*	0,0442*	0,0414*	0,0333*
KKS	0,0307*	0,0322*	0,0311*	0,0006	0,0021	0,0313*	0,0018	0,0216*
İ	0,0301*	0,0216*	0,0117	0,0006	0,0112	0,0023	0,0111	0,0209*
T	0,0118	0,0029	0,0213*	0,0099	0,0209*	0,0023	0,0011	0,0118
TL	0,0107	0,0309*	0,0301*	0,0004	0,0110	0,0113	0,0010	0,0014

Tablo 8. D ve R vektörlerinin hesaplanması (Computation of vectors D and R)

MG'ler	D _k	R _k
Fİ	0,1636	0,1410
ÇYS	0,0890	0,2070
ATP	0,0861	0,1731
YT	0,2932	0,0228
KKS	0,1508	0,1405
İ	0,1090	0,1843
T	0,1295	0,1079
TL	0,0966	0,1414

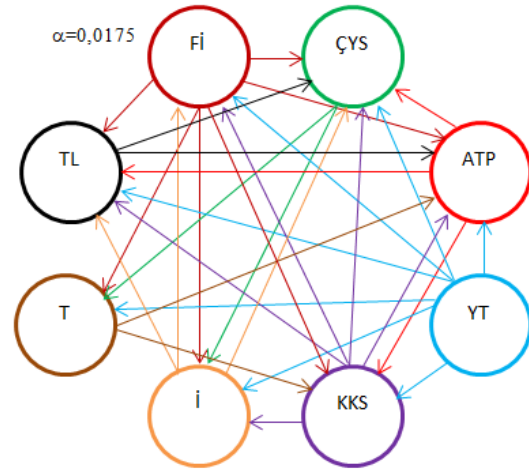
Tablo 9. Her yeşil MG için toplam ve net etki değerleri (Total and net effects for each green MG)

MG'ler	D + R	D - R	Grup
Fİ	0,3046	0,0226	Neden
ÇYS	0,2961	-0,1180	Sonuç
ATP	0,2592	-0,0869	Sonuç
YT	0,3160	0,2704	Neden
KKS	0,2913	0,0104	Neden
İ	0,2934	-0,0753	Sonuç
T	0,2374	0,0216	Neden
TL	0,2380	-0,0448	Sonuç

faktörler olduğuna inandırıcıdır. Bu sekiz MG arasında, YT en önemli değer olarak kabul edilir. Çünkü maksimum D + R değerine sahip olduğu için diğerleriyle maksimum ilişki yoğunluğuna sahiptir. Ayrıca, YT aynı zamanda en yüksek D-R değeri nedeniyle en ikna edici faktördür. Bu nedenle, YT tedarikçi değerlendirme probleminde önemli bir rol oynar ve diğerleri üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Diğer taraftan ÇYS, en düşük (D-R) değere sahip olduğu için diğer faktörlerden en çok etkilenen müşteri talebi olarak karşımıza çıkmaktadır.

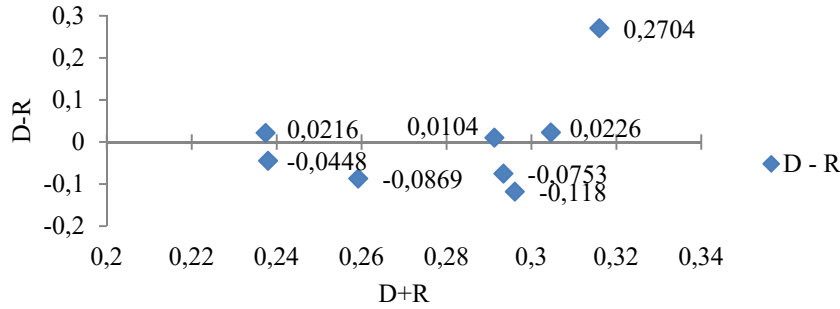
Eşik değeri (α), Eş. 8 kullanılarak T matrisindeki elemanların ortalaması alınarak hesaplanır. Burada α değeri 0,0175 olarak hesaplanır. Tablo 7'deki t_{ij} değerleri iki MG arasındaki ilişkiyi ifade edip ilişkileri neden-sonuç değerleri t_{ij}^* değeri ile kıyaslanır. Örneğin $t_{12}(0,0324) > \alpha (0,0175)$ olduğu için Şekil 3'te görüldüğü gibi diyagramdaki ok Fİ'den ÇYS'ye doğru çizilir. MG arasındaki bağlamsal ilişkiler Şekil 3'te gösterilmiştir.

MG'lerin ağırlıkları, Tablo 9'da yer alan (D + R) değerleri normalleştirilerek hesaplanır ve Tablo 10'da görüldüğü gibi gösterilir. Tablo 10'dan YT'nin diğer faktörler arasında en yüksek ağırlığa ve en büyük etkiye sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3. Yeşil tedarikçi seçim problemi için DEMATEL diyagramı (DEMATEL diagram for green supplier selection problem)

MG'lerin ağırlık değerleri hesaplandıktan sonra QFD sürecini takiben (8. Bölümün 8.2. adımında), her bir MG çifti ile ilgili tedarikçi seçim kriterleri arasındaki etki ve ilişkileri gösteren merkezi bir ilişki matrisi oluşturulur. QFD



Şekil 2. Yeşil MG'ler için DEMATEL nedensel diyagramı (DEMATEL causal diagram for green MGs)

Tablo 10. Yeşil MG'lerin ağırlıkları (Weights of green MGs)

MG'ler	Fİ	ÇYS	ATP	YT	KKS	İ	T	TL
Ağırlıklar	0,1362	0,1324	0,1159	0,1413	0,1303	0,1312	0,1062	0,1064

Tablo 11. Yeşil tedarikçi seçim problem için QFD modeli (QFD model for green supplier selection problem)

NASIL'lar (MG'ler)	NE'ler (Tedarikçi Seçim Kriterleri)					MG'lerin Ağırlıkları
	KA	F	EDKT	TH	YKGDO	
Fİ		6				0,1362
ÇYS	3		3		3	0,1324
ATP					3	0,1159
YT	3	3	3		1	0,1413
KKS	3			6	1	0,1303
İ			1	3	3	0,1312
T			3	3		0,1062
TL					6	0,1064
Mutlak Değerler						
Normalize Edilmiş Kriter Ağırlıkları						

sürecinin uygulanması için ilk başta MG'lere öncelik ağırlıkları atanması yapılır. Müşteri gereksinimlerine öncelik değerlerini atamak için 5 seviyeden oluşan ikili karşılaştırma skalası kullanılır. 1 (Önemli Olmayan), 2 (Önemli), 3 (Çok Daha Önemli), 4 (Çok Önemli) ve 5 (En Önemlisi) olarak tanımlanır. MG'ler ile tedarikçi seçim kriterleri arasındaki ilişki matrisi, tedarikçiler hakkındaki bilgilerden yola çıkılarak karar ekibi tarafından Tablo 11'de görüldüğü gibi oluşturulur. Burada zayıf, orta, güçlü ve çok güçlü ilişkileri ele alan 1, 3, 6 ve 9 olarak dört puanlık bir ölçek kullanılır. Aslında bu adım, MG ve tedarikçi değerlendirme kriterlerinin uzmanlar tarafından verilen değerler üzerinden nasıl etkileşimde buldukları ve birbirlerini nasıl etkilediği sorusuna cevap vermektedir. Tablo 11'de görüldüğü gibi, değerler tedarikçi seçim kriterlerinin her bir MG'yi nasıl karşılayabileceğini gösteren matrise atanmıştır. Burada MG'lerin ağırlıklarından ve uzman görüşlerinin değerlendirilmelerinden yararlanılarak her tedarikçi seçim kriterinin ağırlıkları hesaplanır.

Bunun için öncelikle Tablo 11'den yararlanılarak her bir MG'nin tedarikçi seçim kriterlerini ne şekilde etkilediğine yönelik tedarikçi seçim kriterlerinin mutlak değerleri hesaplanır. Tedarikçi seçim kriterlerinin mutlak değerlerini hesaplamak için şu şekilde bir yol izlenir. Örneğin; MG'lerden Fİ müşteri talebinin F tedarikçi seçim kriterine etki düzeyi için Fİ müşteri talebine ait daha önce hesaplanmış olan ağırlık değerinin Fİ-F uzman değerine ait değerlendirme katsayısı ile çarpılarak hesaplanır. Fİ-F değişkenleri için $6 \cdot 0,1362 = 0,8172$ değeri hesaplanır. Aynı işlem tüm müşteri talepleri ve tedarikçi seçim kriterleri arasında benzer şekilde yapılır. En sonunda; her tedarikçi

seçim kriterleri için hesaplanmış değerler toplanarak her bir tedarikçi seçim kriteri için mutlak değerler hesaplanmış olur. Tablo 12'de her bir MG'ler ve tedarikçi seçim kriterleri arasındaki etkileşimin düzeylerinin değerleri ve her bir tedarikçi seçim kriteri için hesaplanmış mutlak değerler ile birlikte normalize edilmiş kriter ağırlıkları verilmiştir. Örnek olarak Tablo 12'de verilen değerler kullanılarak KA tedarikçi seçim kriteri için mutlak değer $0,3972 + 0,4239 + 0,3909 = 1,2120$ olarak hesaplanır. Yine Tablo 12'de hesaplanan mutlak değerlerden her bir seçim kriteri için normalize edilmiş kriter ağırlıkları Eş. 1 kullanılarak hesaplanır. [43], mutlak ağırlıklar hesapladıktan sonra bu ağırlıkların normalize edilerek bağıl ağırlıkların elde edilmesinde Eş. 1'in kullanılabileceğini vurgulamıştır:

$$\text{Bağıl Ağırlık (\%)} = \frac{\text{Herhangi Bir Satırın Mutlak Ağırlığı}}{\text{Toplam Mutlak Ağırlık}} \quad (1)$$

Örnek olarak; KA tedarikçi seçim kriteri için normalize edilmiş kriter ağırlığı $= \frac{1,2120}{1,2120+1,2140+1,2710+1,4940+2,0490} = \frac{1,2120}{7,24} = 0,1674$ olarak hesaplanır. Diğer tüm tedarikçi seçim kriterleri için benzer prosedür uygulanır.

Tablo 12'de gösterilen tüm tedarikçi seçim kriterlerinin normalleştirilmiş ağırlıkları elde edilmiştir. Bu tablodan yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranı (YKGDO) kriterinin diğer kriterler arasında en önemli tedarikçi değerlendirme kriteri olduğu açıkça görülmektedir.

QFD modeli kullanılarak tedarikçi kriterlerinin ağırlıkları hesaplandıktan sonra her bir değerlendirme kriterine göre ele

Tablo 12. Tedarikçi Seçim Kriterleri için Hesaplanmış Mutlak Değerler ve Normalize Edilmiş Kriter Ağırlıkları (Calculated Absolute Values and Normalized Criteria Weights for Supplier Selection Criteria)

NASIL'lar (MG'ler)	NE'ler (Tedarikçi Seçim Kriterleri)					MG'lerin Ağırlıkları
	KA	F	EDKT	TH	YKGDO	
Fİ		0,8172				0,1362
ÇYS	0,3972		0,3972		0,3972	0,1324
ATP					0,3477	0,1159
YT	0,4239	0,4239	0,4239		0,1413	0,1413
KKS	0,3909			0,7818	0,1303	0,1303
İ			0,1312	0,3936	0,3936	0,1312
T			0,3186	0,3186		0,1062
TL					0,6384	0,1064
Mutlak Değerler	1,2120	1,2140	1,2710	1,4940	2,0490	
Normalize Edilmiş Kriter Ağırlıkları	0,1674	0,0295	0,1755	0,2063	0,2830	

Tablo 13. Dilsel değişkenlerin aralık tip-2 bulanık ölçekleri (Interval type-2 fuzzy scales of linguistic variables)

Dilsel Etiketler	Yamuk Tip-2 Bulanık
Kesinlikle Güçlü (KG)	(7, 8, 9, 9;1, 1) (7, 2, 8, 2, 8, 8, 9;0, 8, 0, 8)
Çok Güçlü (ÇG)	(5, 6, 8, 9;1, 1) (5, 2, 6, 2, 7, 8, 8, 8;0, 8, 0, 8)
Oldukça Güçlü (OG)	(3, 4, 6, 7;1, 1) (3, 2, 4, 2, 5, 8, 6, 8;0, 8, 0, 8)
Çok Az Güçlü (ÇAG)	(1, 2, 4, 5;1, 1) (1, 2, 2, 2, 3, 8, 4, 8;0, 8, 0, 8)
Tam Eşit (E)	(1, 1, 1, 1;1, 1) (1, 1, 1, 1;1, 1)

Eğer faktör *i* faktör *j* ile karşılaştırıldığında yukarıdaki değişkenlerden birini alıyorsa; *j*, *i* ile karşılaştırıldığında karşıt (karşılıklı) değeri alır.

alınan alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yapılır. Alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisleri için AT2 BAHP metodunu kullanacağız. Ayrıca; alternatifleri tedarikçi kriterlerine göre değerlendirmek için Tablo 13'te yer alan dilsel değişkenlerin aralık tip-2 bulanık ölçeğinden yararlanılacaktır.

Ele alınan seçim problemi; on alternatif tedarikçi ve beş tedarikçi kriteri ile ele alındığından bu da on alternatif tedarikçi için beş ikili karşılaştırma yapıldığı anlamına gelir. Örneğin; Tablo 14, KA kriterine ilişkin alternatif tedarikçiler için ikili karşılaştırma matrisini göstermektedir. Kalan dört kriter için de alternatiflerin ikili karşılaştırması matrisleri için aynı prosedür izlenir.

Bu adımın sonunda 8. Bölümün 8.3. adımında verilen AT2 BAHP prosedürü uygulanır. AT2 BAHP prosedürünün altıncı adımı sonucunda hesaplanan alternatiflerin öncelik değerleri ile tedarikçi kriter ağırlıkları, Tablo 15'te gösterildiği gibi ilk karar matrisini oluşturmak üzere entegre edilir. Öncelik değerlerinin hesaplanmasından sonra alternatiflerin yerel ağırlıkları elde edilir. Alternatiflerin yerel ağırlıkları, Eş. 16 kullanılarak her bir alternatifin öncelik değeri ile ilgili kriterin ağırlıklarının çarpılması ile bulunur. Tablo 15'te yer alan değerler kullanılarak alternatiflerin yerel ağırlık değerleri Tablo 16'daki gibi elde edilir. Daha sonra Eş. 16 kullanılarak her alternatifin son (global) ağırlık değerleri ile Eş. 11 kullanılarak her alternatifin performans değerleri Tablo 17'de görüldüğü gibi hesaplanır.

Bundan sonra, Tablo 17'ye yer alan durulaştırılmış değerlerden, tüm alternatiflerin sıralaması belirlenebilir. En iyi alternatif, durulaştırılmış değeri en yüksek olandır. Tablo 18 alternatiflerin sıralamasını göstermektedir.

6. SONUÇLARIN ANALİZİ (ANALYSIS OF RESULT)

Tedarikçi seçim kriterlerinin yeşil bakış açısına göre yeniden tasarlanması gerekmektedir. Bu nedenle, bu çalışmanın temel amacı, entegre bir formülasyon kullanarak yeşil tedarikçileri değerlendirme ve derecelendirme sorununu çözmektir. Bu nedenle çalışmada tedarikçileri sıralamak için tedarikçi kriterleri yanında müşteri tercihlerini de dikkate alan bir yaklaşım benimsenmiştir. Önerilen entegre

yaklaşımın sonucunda Tablo 18'de görüldüğü gibi ele alınan şirket için tedarikçi sıralamaları A3> A5> A4> A1> A8> A2> A7> A6> A10> A9 şeklinde olduğu görülmüştür. Buna göre şirket için en iyi tedarikçinin A3 tedarikçisi olduğu ve bunu ikinci sırada A5 tedarikçisinin takip ettiği görülmektedir. Şirket için en kötü tedarikçilerin ise sırasıyla A9 ve A10 tedarikçilerin olduğu görülmektedir. Yine Tablo 9'da görüldüğü gibi ele alınan müşteri gereksinimleri talepleri arasında, yönetim taahhüdü talebi en önemli değer olarak hesaplanmış ve diğer MG'ler ile maksimum ilişki yoğunluğuna sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, yönetim taahhüdü talebinin aynı zamanda en yüksek D-R değeri nedeniyle diğer faktörlere nazaran en ikna edici faktör olduğu görülmüştür. Bu nedenle, müşteri gereksinimleri bakımından yönetim taahhüdü talebi tedarikçi değerlendirme probleminde önemli bir rol oynamakta ve diğer müşteri gereksinimleri üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu görülmüştür. Diğer taraftan ÇYS faktörü, en düşük (D-R) değere sahip olduğu için diğer faktörlerden en çok etkilenen müşteri talebi olarak karşımıza çıktığı görülmüştür. Tablo 11'de yer alan değerler; araştırma kapsamında kullanılan QFD modeli sonucu tedarikçi seçim kriterlerinin her bir müşteri gereksinimini nasıl karşılayabileceğini göstermektedir. Tablo 11'den aday tedarikçi seçim kriterleri arasında yer alan yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranı (YKGDÖ) kriterinin diğer kriterler arasında en önemli tedarikçi değerlendirme kriteri olduğu açıkça görülmektedir. Yine Tablo 15'te yer alan alternatiflerin sıralama değerlerine bakıldığında; ele alınan alternatifler arasında A9 alternatifinin, gerek maliyet kriterleri açısından gerekse de yeşil kriterler açısından kendisini en çok revize etmesi gereken kriter olarak karşımıza çıktığı görülmektedir. Daha önce tedarikçi seçim problemi üzerine yapılan birçok çalışmaya bakıldığında; bulanık ÇKKV yöntemleri geleneksel ÇKKV yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak uygulanmış ve sonuç olarak bulanık ÇKKV yöntemlerinin geleneksel ÇKKV yöntemlerinden daha başarılı sıralama yaptıkları görülmüştür. Yine literatür çalışmalarına bakıldığında tedarikçi seçiminde, ÇKKV yöntemleriyle birlikte aralık tip-2 bulanık kümelerin kullanılmasının tip-1 bulanık kümelere göre daha yüksek performans ve başarı sağladığı görülmüştür. Bu sebeple geleneksel ÇKKV yöntemlerinin tip-2 bulanık sayılarla birleştirilmesi ve müşteri gereksinimlerinin de seçimin içerisine katılması yeni birşeydir.

Tablo 14. KA kriteri için yeşil tedarikçilerin ikili karşılaştırması¹ (Pairwise comparison of green suppliers for KA criterion)

KA	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
A1	E	ÇG	ÇAG	1/OG	1/ÇG	ÇG	1/ÇAG	KG	ÇG	OG
A2	1/ÇG	E	1/ÇG	OG	ÇG	1/ÇAG	OG	ÇG	1/OG	1/ÇG
A3	1/ÇAG	ÇG	E	ÇAG	OG	OG	KG	ÇG	ÇG	1/OG
A4	OG	1/OG	1/ÇAG	E	ÇG	1/ÇG	1/OG	ÇG	KG	OG
A5	ÇG	1/ÇG	1/OG	1/ÇG	E	ÇAG	KG	1/KG	OG	OG
A6	1/ÇG	ÇAG	1/OG	ÇG	1/ÇAG	E	1/OG	1/ÇG	KG	ÇG
A7	ÇAG	1/OG	1/KG	OG	1/KG	OG	E	KG	KG	1/ÇG
A8	1/KG	1/ÇG	1/ÇG	1/ÇG	KG	ÇG	1/KG	E	OG	ÇG
A9	1/ÇG	OG	1/ÇG	1/KG	1/OG	1/KG	1/KG	1/OG	E	1/OG
A10	1/OG	ÇG	OG	1/OG	1/OG	1/ÇG	ÇG	1/ÇG	OG	E

Tablo 15. Tedarikçi değerlendirme için ilk karar matrisi (Initial decision matrix for supplier evaluation)

Öncelik Değerleri	
KA Kriterine Göre (KA Ağırlık Değeri=0,1674)	
A1	(0,14, 0,15, 0,165, 0,174;1, 1)(0,142, 0,144, 0,168, 0,173;1, 1)
A2	(0,08, 0,077, 0,074, 0,075;1, 1)(0,078, 0,079, 0,076, 0,075;1, 1)
A3	(0,185, 0,206, 0,246, 0,263;1, 1)(0,188, 0,19, 0,247, 0,262;1, 1)
A4	(0,119, 0,117, 0,117, 0,118;1, 1)(0,118, 0,12, 0,12, 0,12;1, 1)
A5	(0,08, 0,088, 0,098, 0,103;1, 1)(0,081, 0,082, 0,1, 0,102;1, 1)
A6	(0,081, 0,08, 0,077, 0,076;1, 1)(0,081, 0,082, 0,078, 0,076;1, 1)
A7	(0,08, 0,087, 0,098, 0,103;1, 1)(0,081, 0,082, 0,099, 0,103;1, 1)
A8	(0,066, 0,066, 0,068, 0,07;1, 1)(0,066, 0,066, 0,07, 0,069;1, 1)
A9	(0,027, 0,024, 0,021, 0,02;1, 1)(0,026, 0,026, 0,022, 0,021;1, 1)
A10	(0,075, 0,074, 0,073, 0,074;1, 1)(0,075, 0,076, 0,076, 0,075;1, 1)
F Kriterine Göre (F Ağırlık Değeri=0,0295)	
A1	(0,151, 0,16, 0,174, 0,179;1, 1)(0,152, 0,156, 0,176, 0,179;1, 1)
A2	(0,057, 0,054, 0,051, 0,05;1, 1)(0,057, 0,058, 0,052, 0,051;1, 1)
A3	(0,095, 0,099, 0,109, 0,115;1, 1)(0,097, 0,099, 0,111, 0,115;1, 1)
A4	(0,124, 0,139, 0,16, 0,168;1, 1)(0,127, 0,13, 0,162, 0,168;1, 1)
A5	(0,147, 0,153, 0,168, 0,177;1, 1)(0,147, 0,15, 0,171, 0,176;1, 1)
A6	(0,07, 0,062, 0,056, 0,053;1, 1)(0,068, 0,069, 0,057, 0,054;1, 1)
A7	(0,092, 0,097, 0,106, 0,11;1, 1)(0,093, 0,095, 0,107, 0,11;1, 1)
A8	(0,077, 0,076, 0,075, 0,074;1, 1)(0,076, 0,077, 0,076, 0,074;1, 1)
A9	(0,043, 0,038, 0,034, 0,033;1, 1)(0,042, 0,043, 0,034, 0,033;1, 1)
A10	(0,077, 0,088, 0,101, 0,105;1, 1)(0,08, 0,082, 0,101, 0,105;1, 1)
EDKT Kriterine Göre (EDKT Ağırlık Değeri=0,1755)	
A1	(0,113, 0,144, 0,201, 0,231;1, 1)(0,12, 0,125, 0,206, 0,224;1, 1)
A2	(0,048, 0,045, 0,046, 0,048;1, 1)(0,048, 0,05, 0,049, 0,048;1, 1)
A3	(0,07, 0,078, 0,093, 0,101;1, 1)(0,072, 0,075, 0,097, 0,099;1, 1)
A4	(0,136, 0,14, 0,164, 0,179;1, 1)(0,137, 0,142, 0,17, 0,175;1, 1)
A5	(0,153, 0,203, 0,299, 0,35;1, 1)(0,165, 0,172, 0,305, 0,337;1, 1)
A6	(0,048, 0,047, 0,048, 0,049;1, 1)(0,048, 0,05, 0,05, 0,049;1, 1)
A7	(0,04, 0,036, 0,032, 0,032;1, 1)(0,04, 0,041, 0,035, 0,031;1, 1)
A8	(0,1, 0,112, 0,144, 0,163;1, 1)(0,104, 0,108, 0,149, 0,157;1, 1)
A9	(0,044, 0,044, 0,045, 0,047;1, 1)(0,045, 0,046, 0,048, 0,046;1, 1)
A10	(0,048, 0,047, 0,046, 0,048;1, 1)(0,048, 0,05, 0,05, 0,048;1, 1)
TH Kriterine Göre (TH Ağırlık Değeri=0,2063)	
A1	(0,034, 0,032, 0,03, 0,031;1, 1)(0,034, 0,034, 0,031, 0,031;1, 1)
A2	(0,143, 0,172, 0,215, 0,239;1, 1)(0,151, 0,155, 0,221, 0,233;1, 1)
A3	(0,089, 0,106, 0,133, 0,151;1, 1)(0,093, 0,096, 0,138, 0,145;1, 1)
A4	(0,135, 0,163, 0,211, 0,239;1, 1)(0,142, 0,146, 0,217, 0,232;1, 1)
A5	(0,056, 0,058, 0,063, 0,068;1, 1)(0,057, 0,058, 0,066, 0,066;1, 1)
A6	(0,102, 0,1, 0,107, 0,116;1, 1)(0,101, 0,104, 0,111, 0,113;1, 1)
A7	(0,114, 0,127, 0,149, 0,164;1, 1)(0,118, 0,121, 0,154, 0,16;1, 1)
A8	(0,088, 0,105, 0,13, 0,147;1, 1)(0,092, 0,094, 0,136, 0,141;1, 1)
A9	(0,022, 0,019, 0,015, 0,014;1, 1)(0,022, 0,022, 0,015, 0,014;1, 1)
A10	(0,048, 0,041, 0,035, 0,034;1, 1)(0,046, 0,047, 0,037, 0,034;1, 1)
YKGDO Kriterine Göre (YKGDO Ağırlık Değeri=0,2830)	
A1	(0,13, 0,138, 0,159, 0,168;1, 1)(0,132, 0,135, 0,16, 0,166;1, 1)
A2	(0,1, 0,115, 0,139, 0,151;1, 1)(0,104, 0,106, 0,141, 0,148;1, 1)
A3	(0,183, 0,201, 0,239, 0,254;1, 1)(0,187, 0,192, 0,241, 0,25;1, 1)
A4	(0,083, 0,087, 0,099, 0,105;1, 1)(0,085, 0,087, 0,1, 0,104;1, 1)
A5	(0,101, 0,1, 0,105, 0,109;1, 1)(0,1, 0,102, 0,108, 0,107;1, 1)
A6	(0,058, 0,054, 0,05, 0,048;1, 1)(0,057, 0,058, 0,051, 0,048;1, 1)
A7	(0,046, 0,045, 0,045, 0,044;1, 1)(0,046, 0,047, 0,046, 0,045;1, 1)
A8	(0,108, 0,118, 0,144, 0,156;1, 1)(0,111, 0,114, 0,144, 0,153;1, 1)
A9	(0,023, 0,019, 0,015, 0,014;1, 1)(0,023, 0,023, 0,015, 0,015;1, 1)
A10	(0,06, 0,062, 0,066, 0,069;1, 1)(0,061, 0,062, 0,068, 0,069;1, 1)

Bu çalışmada da; çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan DEMATEL VE QFD yöntemi, aralık tip-2 bulanık

kümelerle bütünleştirilmiş ve tedarikçi seçim problemine başarı ile uygulanmıştır.

Tablo 16. Alternatiflerin Yerel Ağırlık Değerleri (Local weight values of alternatives)

Yerel Ağırlık Değerleri	
KA Kriterine Göre	
A1	(0,0234, 0,0251, 0,0276, 0,0291;1, 1) (0,0238, 0,0241, 0,0281, 0,0290;1, 1)
A2	(0,0134, 0,0129, 0,0124, 0,0126;1, 1) (0,0131, 0,0132, 0,0127, 0,0126;1, 1)
A3	(0,0310, 0,0345, 0,0412, 0,0440;1, 1) (0,0315, 0,0318, 0,0413, 0,0439;1, 1)
A4	(0,0199, 0,0196, 0,0196, 0,0198;1, 1) (0,0198, 0,0201, 0,0201, 0,0201;1, 1)
A5	(0,0134, 0,0147, 0,0164, 0,0172;1, 1) (0,0136, 0,0137, 0,0167, 0,0171;1, 1)
A6	(0,0136, 0,0134, 0,0129, 0,0127;1, 1) (0,0136, 0,0137, 0,0131, 0,0127;1, 1)
A7	(0,0134, 0,0146, 0,0164, 0,0172;1, 1) (0,0136, 0,0137, 0,0166, 0,0172;1, 1)
A8	(0,0110, 0,0110, 0,0114, 0,0117;1, 1) (0,0110, 0,0110, 0,0117, 0,0116;1, 1)
A9	(0,0045, 0,0040, 0,0035, 0,0033;1, 1) (0,0126, 0,0127, 0,0127, 0,0126;1, 1)
A10	(0,0126, 0,0124, 0,0122, 0,0124;1, 1) (0,0126, 0,0127, 0,0127, 0,0126;1, 1)
F Kriterine Göre	
A1	0,0045, 0,0047, 0,0051, 0,0053;1, 1) (0,0045, 0,0046, 0,0052, 0,0053;1, 1)
A2	0,0017, 0,0016, 0,0015, 0,0015;1, 1) (0,0017, 0,0017, 0,0015, 0,0015;1, 1)
A3	0,0028, 0,0029, 0,0032, 0,0034;1, 1) (0,0029, 0,0029, 0,0033, 0,0034;1, 1)
A4	0,0037, 0,0041, 0,0047, 0,0050;1, 1) (0,0037, 0,0038, 0,0048, 0,0050;1, 1)
A5	0,0043, 0,0045, 0,0050, 0,0052;1, 1) (0,0043, 0,0044, 0,0050, 0,0052;1, 1)
A6	0,0021, 0,0018, 0,0017, 0,0016;1, 1) (0,0020, 0,0020, 0,0017, 0,0016;1, 1)
A7	0,0027, 0,0029, 0,0031, 0,0032;1, 1) (0,0027, 0,0028, 0,0032, 0,0032;1, 1)
A8	0,0023, 0,0022, 0,0022, 0,0022;1, 1) (0,0022, 0,0023, 0,0022, 0,0022;1, 1)
A9	0,0013, 0,0011, 0,0010, 0,0010;1, 1) (0,0012, 0,0013, 0,0010, 0,0010;1, 1)
A10	0,0023, 0,0026, 0,0030, 0,0031;1, 1) (0,0024, 0,0024, 0,0030, 0,0031;1, 1)
EDKT Kriterine Göre	
A1	(0,0198, 0,0253, 0,0353, 0,0405;1, 1) (0,0211, 0,0219, 0,0362, 0,0393;1, 1)
A2	(0,0084, 0,0079, 0,0081, 0,0084;1, 1) (0,0084, 0,0088, 0,0086, 0,0084;1, 1)
A3	(0,0123, 0,0137, 0,0163, 0,0177;1, 1) (0,0126, 0,0132, 0,0170, 0,0174;1, 1)
A4	(0,0239, 0,0246, 0,0288, 0,0314;1, 1) (0,0240, 0,0249, 0,0298, 0,0307;1, 1)
A5	(0,0269, 0,0356, 0,0525, 0,0614;1, 1) (0,0290, 0,0302, 0,0535, 0,0591;1, 1)
A6	(0,0084, 0,0082, 0,0084, 0,0086;1, 1) (0,0084, 0,0088, 0,0088, 0,0086;1, 1)
A7	(0,0070, 0,0063, 0,0056, 0,0056;1, 1) (0,0070, 0,0072, 0,0061, 0,0054;1, 1)
A8	(0,0176, 0,0197, 0,0253, 0,0286;1, 1) (0,0183, 0,0190, 0,0261, 0,0276;1, 1)
A9	(0,0077, 0,0077, 0,0079, 0,0082;1, 1) (0,0079, 0,0081, 0,0084, 0,0081;1, 1)
A10	(0,0084, 0,0082, 0,0081, 0,0084;1, 1) (0,0084, 0,0088, 0,0088, 0,0084;1, 1)
TH Kriterine Göre	
A1	(0,0070, 0,0066, 0,0062, 0,0064;1, 1) (0,0070, 0,0070, 0,0064, 0,0064;1, 1)
A2	(0,0295, 0,0355, 0,0444, 0,0493;1, 1) (0,0312, 0,0320, 0,0456, 0,0481;1, 1)
A3	(0,0184, 0,0219, 0,0274, 0,0312;1, 1) (0,0192, 0,0198, 0,0285, 0,0299;1, 1)
A4	(0,0279, 0,0336, 0,0435, 0,0493;1, 1) (0,0293, 0,0301, 0,0448, 0,0479;1, 1)
A5	(0,0116, 0,0120, 0,0130, 0,0140;1, 1) (0,0118, 0,0120, 0,0136, 0,0136;1, 1)
A6	(0,0210, 0,0206, 0,0221, 0,0239;1, 1) (0,0208, 0,0215, 0,0229, 0,0233;1, 1)
A7	(0,0235, 0,0262, 0,0307, 0,0338;1, 1) (0,0243, 0,0250, 0,0318, 0,0330;1, 1)
A8	(0,0182, 0,0217, 0,0268, 0,0303;1, 1) (0,0190, 0,0194, 0,0281, 0,0291;1, 1)
A9	(0,0045, 0,0039, 0,0031, 0,0029;1, 1) (0,0045, 0,0045, 0,0031, 0,0029;1, 1)
A10	(0,0099, 0,0085, 0,0072, 0,0070;1, 1) (0,0095, 0,0097, 0,0076, 0,0070;1, 1)
YKGDO Kriterine Göre	
A1	(0,0368, 0,0391, 0,0450, 0,0475;1, 1) (0,0374, 0,0382, 0,0453, 0,0470;1, 1)
A2	(0,0283, 0,0325, 0,0393, 0,0427;1, 1) (0,0294, 0,0300, 0,0399, 0,0419;1, 1)
A3	(0,0518, 0,0569, 0,0676, 0,0719;1, 1) (0,0529, 0,0543, 0,0682, 0,0708;1, 1)
A4	(0,0235, 0,0246, 0,0280, 0,0297;1, 1) (0,0241, 0,0246, 0,0283, 0,0294;1, 1)
A5	(0,0286, 0,0283, 0,0297, 0,0308;1, 1) (0,0283, 0,0289, 0,0306, 0,0303;1, 1)
A6	(0,0164, 0,0153, 0,0142, 0,0136;1, 1) (0,0161, 0,0164, 0,0144, 0,0136;1, 1)
A7	(0,0130, 0,0127, 0,0127, 0,0125;1, 1) (0,0130, 0,0133, 0,0130, 0,0127;1, 1)
A8	(0,0306, 0,0334, 0,0408, 0,0441;1, 1) (0,0314, 0,0323, 0,0408, 0,0433;1, 1)
A9	(0,0065, 0,0054, 0,0042, 0,0040;1, 1) (0,0065, 0,0065, 0,0042, 0,0042;1, 1)
A10	(0,0170, 0,0175, 0,0187, 0,0195;1, 1) (0,0173, 0,0175, 0,0192, 0,0195;1, 1)

Tablo 17. Alternatiflerin Son (Global) Ağırlık Değerleri (Final (global) weight values of alternatives)

Son Ağırlık Değerleri		
	Aralık Tip-2 global ağırlıklar	Durulaştırılmış değerler (Keskin değerler)
A1	(0,0915, 0,1008, 0,1192, 0,1288;1, 1) (0,0938, 0,0958, 0,1212, 0,1270;1, 1)	3,7786
A2	(0,0813, 0,0904, 0,1057, 0,1145;1, 1) (0,0838, 0,0857, 0,1083, 0,1125;1, 1)	3,7754
A3	(0,1163, 0,1299, 0,1557, 0,1682;1, 1) (0,1191, 0,122, 0,1583, 0,1654;1, 1)	3,7887
A4	(0,0989, 0,1065, 0,1246, 0,1352;1, 1) (0,1009, 0,1035, 0,1278, 0,1331;1, 1)	3,7788
A5	(0,0848, 0,0951, 0,1166, 0,1286;1, 1) (0,087, 0,0892, 0,1194, 0,1253;1, 1)	3,7805
A6	(0,0164, 0,0593, 0,0593, 0,0604;1, 1) (0,0609, 0,0624, 0,0609, 0,0598;1, 1)	3,7571
A7	(0,0596, 0,0627, 0,0685, 0,0723;1, 1) (0,0606, 0,062, 0,0707, 0,0715;1, 1)	3,7633
A8	(0,0797, 0,088, 0,1065, 0,1169;1, 1) (0,0819, 0,084, 0,1089, 0,1138;1, 1)	3,7766
A9	(0,0245, 0,0221, 0,0197, 0,0194;1, 1) (0,0327, 0,0331, 0,0294, 0,0288;1, 1)	3,7507
A10	(0,0502, 0,0492, 0,0492, 0,0504;1, 1) (0,0502, 0,0511, 0,0513, 0,0506;1, 1)	3,7564

Tablo 18. Alternatiflerin sıralanması (Sorting alternatives)

	Durulaştırılmış değerler (Keskin değerler)	Alternatiflerin sıralama değerleri
A1	3,7786	4
A2	3,7754	6
A3	3,7887	1
A4	3,7788	3
A5	3,7805	2
A6	3,7571	8
A7	3,7633	7
A8	3,7766	5
A9	3,7507	10
A10	3,7564	9

7. KULLANILAN METODLAR (USED METHODS)

7.1. DEMATEL Metodu

(The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method)

(DEMATEL metodu; araştırmada karmaşık ve birbirine girmiş problem gruplarının çözümünde kullanılması amacıyla 1972 ve 1976 yılları arasında Cenevre Battelle Memorial Enstitüsü, Bilim ve İnsan İlişkileri programı tarafından geliştirilmiştir [44]. DEMATEL metodu birbirini takip eden 7 adımdan oluşmaktadır. 5. Adım sonunda elde edilen etki-yönlü graf diyagramı ile çözüme ulaşılır.

Adım 1. Direkt ilişki matrisinin oluşturulması (A):

Direk ilişki matrisinin oluşturulması için 5 seviyeden oluşan ikili karşılaştırma skalası kullanılır. Burada; 0 (Etkisiz), 1 (Düşük Etkili), 2 (Orta Etkili), 3 (Yüksek Etkili) ve 4 (Çok Yüksek Etkili) olarak ifade edilir.

Kriterler arasındaki ilişkiler, ikili karşılaştırma skalası kullanılarak uzman grup tarafından belirlenir [45,46]. Karşılaştırmaların sonucunda direkt-ilişki (A) matrisi elde edilir. Örnek bir A matrisi Eş. 2'de görüldüğü gibidir.

$$A = \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 0 & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nj} & \dots & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Adım 2. Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisinin belirlenmesi (X):

Doğrudan ilişkilendirme matrisinin (A) oluşturulmasından sonra, normalleştirilmiş matris (X), Eş. (3) kullanılarak elde edilir. X matrisindeki her eleman 0 ile 1 arasındadır.

$$X = k * A \quad (3)$$

Burada;

$$k = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} (\sum_{j=1}^n a_{ij})}, i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Adım 3. Toplam ilişki matrisinin hesaplanması (T):

Normalleştirilmiş direkt-ilişki matrisi elde edildikten sonra toplam ilişki matrisi Eş. 5 kullanılarak türetilir. Bu eşitlikte birim matrisi (I) ile belirtmektedir.

$$T = [t_{ij}]_{n \times n}, i, j = 1, 2, \dots, n \text{ ise } T = X + X^2 + X^3 + \dots + X^k \text{ ise}$$

$$T = X(I + X + X^2 + \dots + X^{k-1})(I - X)(I - X)^{-1} \text{ ise}$$

$$T = X(I - X^k)(I - X)^{-1} \text{ ondan sonra,}$$

$$T = X(I - X)^{-1}T, k \rightarrow \infty, X^k = [0]_{n \times n} \text{ olduğunda;}$$

$$T = X(I - X)^{-1} \quad (5)$$

Adım 4. T matrisinin satır ve sütun toplamlarının belirlenmesi:

Toplam ilişki matrisinde (T), satırların ve sütunların toplamı, sırasıyla Eş. 6 ve Eş. 7 kullanılarak elde edilir ve bunlar sırasıyla D ve R vektörleri ile temsil edilir.

$$D_i = [\sum_{j=1}^n t_{ij}]_{n \times 1} = [t_i]_{n \times 1}, i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

$$R_j = [\sum_{i=1}^n t_{ij}]_{1 \times n} = [t_j]_{1 \times n}, j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Adım 5. Eşik değerinin ayarlanması (α):

Uygun bir etki-yönlü graf elde etmek için karar vericilerin etki seviyesi için bir eşik değeri ayarlamaları gerekir. T matrisinde eşik değerinden daha büyük etki değerlerine sahip olan bazı elemanlar seçilir ve etki-yönlü graf diyagramına dönüştürülür. Eşik değeri karar verici ya da uzmanlar tarafından belirlenir. A'nın değeri Eş. 8 kullanılarak hesaplanır. Buradaki N değeri; T matrisindeki toplam eleman sayısını ifade etmektedir.

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [t_{ij}]}{N} \quad (8)$$

Adım 6. Nedensel bir diyagramın geliştirilmesi:

Nedensel diyagram, her bir kriterin derecesinin bir sınıflandırmasıdır. Kolayca pasif veya aktif olarak sınıflandırılan kriteri gösterir. Etki-yönlü graf diyagramı yatay eksen D+R, dikey eksen D-R olan bir koordinat düzleminde (D+R, D-R) noktalarının gösterilmesiyle elde edilir.

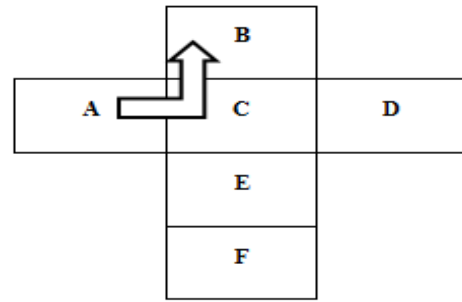
Adım 7. Kriter ağırlıklarının hesaplanması:

Kriterler ağırlıkları (C_i), normalize edilmiş ağırlıkların toplamının 1'e eşit olduğu belirginlik vektörünün ($D_k + R_k$) normalleştirilmesiyle hesaplanır.

7.2. QFD Modeli (QFD Model)

Genel bir QFD modelinde, aşağıdaki öğeler Şekil 4'te gösterildiği gibi HoQ içine dâhil edilmiştir.

Burada; **A**: NE'lerin matrisi, **B**: NASIL'ların matrisi, **C**: NE ve NASIL'lar arasındaki ilişki matrisi, **D**: NE'lerin göreceli önemi veya ağırlıkları, **E**: NASIL'lar arasındaki ilişki, **F**: NASIL'ların ağırlıklarını ifade etmektedir. Aşağıda Şekil 4'te genel QFD modelini görülmektedir.



Şekil 4. Genel QFD modeli (General QFD model)

QFD modelinin uygulanmasındaki genel adımlar aşağıdaki gibidir:

Adım 1. NE'lerin tanımı yapılır

Adım 2. NASIL'ların tanımı yapılır. Tedarikçi seçim kriterleri, HoQ'da NASIL olarak belirtilir ve Şekil 4'te 'B' olarak işaretli alana yerleştirilir.

Adım 3. NASIL'lar arasındaki iç bağımlılığı gösteren NASIL'lar matrisinin (E) geliştirilmesi.

Adım 4. Müşteri gereksinimlerine öncelik ağırlıkların atanması: Müşteri gereksinimlerine öncelik değerlerini atamak için 5 seviyeden oluşan ikili karşılaştırma skalası kullanılır. 1 (Önemli Olmayan), 2 (Önemli), 3 (Çok Daha Önemli), 4 (Çok Önemli) ve 5 (En Önemlisi) olarak tanımlanır.

Adım 5. NASIL'lar ile NE'ler arasındaki etkinin derecesini değerlendirerek, her bir NASIL'ın NE'yi ne kadar etkilediğini ifade eden uygun bir ölçek kullanarak ilişki matrisinin (C) veya HoQ'nun geliştirilmesi. Burada; zayıf, orta, güçlü ve çok güçlü ilişkileri ele alan 1, 3, 6 ve 9 olarak dört puanlık bir ölçek kullanılır.

Adım 6. HoQ matrisi geliştirildikten sonra, tedarikçi seçim kriterlerinin veya NASIL'ların sentezlenmiş önemini gösteren tedarikçi seçim kriterlerinin genel öncelikleri hesaplanır.

QFD'de her aşamanın çıkışı (NASIL'lar), bir sonraki aşamanın girişlerine (yeni NE'ler) dönüştürülür. QFD modelini uygulamanın avantajları; daha yüksek müşteri memnuniyeti, daha kısa teslim süresi, daha iyi esneklik, kalitenin teşviki, piyasaya girme süresinin kısaltılması ve bilgi koruma vb. olarak sayılabilir [47, 48].

7.3. AT2 BAHP Modeli (IT2 FAHP Model)

Adım 1. Problemin tanımı ve probleme uygun problemin amacı belirlenir.

Adım 2. Probleme ait kriterler (varsa alt kriterler) ve alternatifler belirlenir.

Adım 3. Tüm alternatifler arasında bulanık ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. İkili karşılaştırma matrisini oluşturmak için uzman dilsel değişkenleri kullanılır. Dilsel değişkenler ve bunların aralık tip-2 bulanık ölçekleri Tablo 13'te verilmiştir. Dilsel değişkenlerin kullanılması ile Eş. 9'daki gibi bulanık ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{12} & 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/\tilde{a}_{1n} & 1/\tilde{a}_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Burada;

$$1/\tilde{a} = \left(\left(\frac{1}{a_{14}^U}, \frac{1}{a_{13}^U}, \frac{1}{a_{12}^U}, \frac{1}{a_{12}^U}; H_1(a_{12}^U), H_2(a_{13}^U) \right), \left(\frac{1}{a_{24}^L}, \frac{1}{a_{23}^L}, \frac{1}{a_{22}^L}, \frac{1}{a_{22}^L}; H_1(a_{22}^L), H_2(a_{23}^L) \right) \right) \quad (10)$$

Adım 4. Bulanık ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılığı incelenir. Bu amaçla bulanık ikili karşılaştırma matrisleri durulaştırılır ve tutarlılık incelenir. Eğer tutarsızlık tespit edilirse uzmanların yeniden değerlendirme yapması istenir. Bulanık çift karşılaştırma matrislerinin tutarlılığını kontrol etmek için [11] tarafından önerilen ve Eş. 11'de görülen DTrAT (Yamuk bulanık sayılar için) yaklaşımı kullanılır.

DTrAT =

$$\left(\frac{((u_U - l_U) + (\beta_U \cdot m_{1U} - l_U) + (\alpha_U \cdot m_{2U} - l_U)/4) + l_U + ((u_L - l_L) + (\beta_L \cdot m_{1L} - l_L) + (\alpha_L \cdot m_{2L} - l_L)/4)}{2} \right) \quad (11)$$

Burada; α ve β önerilen tip-2 bulanık kümesinin alt üyelik fonksiyonunun maksimum üyelik dereceleridir. u_U üst üyelik fonksiyonunun en büyük referans noktası değeridir. l_U üst üyelik fonksiyonunun en düşük referans noktası değeridir. m_{1U} ve m_{2U} üst üyelik fonksiyonunun ikinci ve üçüncü referans noktalarının değerleridir. u_L alt üyelik fonksiyonunun en büyük referans noktası değeridir. l_L alt

üyelik fonksiyonunun en düşük referans noktası değeridir. m_{1L} ve m_{2L} alt üyelik fonksiyonunun ikinci ve üçüncü referans noktalarının değerleridir.

Adım 5. Uzmanların görüşleri geometrik ortalama kullanılarak toplanılır. Her bir satırın geometrik ortalaması \tilde{r}_i Eş. 12 kullanılarak hesaplanır:

$$\tilde{r}_i = [\tilde{a}_{i1} \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{in}]^{1/n} \quad (12)$$

Burada;

$$\sqrt[n]{\tilde{a}_{ij}} = \left(\left(\sqrt[n]{\tilde{a}_{ij1}^U}, \sqrt[n]{\tilde{a}_{ij2}^U}, \sqrt[n]{\tilde{a}_{ij3}^U}, \sqrt[n]{\tilde{a}_{ij4}^U}; H_1^U(a_{ij}), H_2^U(a_{ij}) \right), \left(\sqrt[n]{\tilde{a}_{ij1}^L}, \sqrt[n]{\tilde{a}_{ij2}^L}, \sqrt[n]{\tilde{a}_{ij3}^L}, \sqrt[n]{\tilde{a}_{ij4}^L}; H_1^L(a_{ij}), H_2^L(a_{ij}) \right) \right) \quad (13)$$

Adım 6. Her bir alternatifin bulanık ağırlıkları hesap edilir. Bu amaçla ilk önce her bir satırın geometrik ortalaması olan \tilde{r}_i hesaplanır. i . kriterin bulanık ağırlığı \tilde{w}_i Eş. 14 kullanılarak hesaplanır:

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes [\tilde{r}_1 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_i \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n]^{-1} \quad (14)$$

Burada;

$$\tilde{a}_{ij} = \left(\frac{a_1^U}{b_4^U}, \frac{a_2^U}{b_3^U}, \frac{a_3^U}{b_2^U}, \frac{a_4^U}{b_1^U}; \min(H_1^U(a), H_1^U(b)), \min(H_2^U(a), H_2^U(b)) \right), \left(\frac{a_1^L}{b_4^L}, \frac{a_2^L}{b_3^L}, \frac{a_3^L}{b_2^L}, \frac{a_4^L}{b_1^L}; \min(H_1^L(a), H_1^L(b)), \min(H_2^L(a), H_2^L(b)) \right) \quad (15)$$

Adım 7. Her alternatifin bulanık performans puanları Eş. 16 kullanılarak hesaplanır.

$$\tilde{U}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{w}_j \tilde{r}_{ij}, \forall i. \quad (16)$$

Burada; \tilde{U}_i , i . alternatifin bulanık faydasını, \tilde{w}_j , j . kriterin ağırlığını ve \tilde{r}_{ij} , j . kritere göre i . alternatifin performans puanını göstermektedir. Daha sonra, en iyi alternatifini belirlemek için klasik AHP yönteminin prosedürü uygulanır.

8. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (CONCLUSIONS AND DISCUSSIONS)

8.1. Genel Sonuçlar (General Results)

Çevresel konularda yapılan köklü değişimler ile birlikte kamuoyu baskısı ve çevre lojistiği, çevresel ve sosyal konularda bir işin yönetiminde daha önemli hale gelmektedir. Yeşil Tedarikçi Zinciri Yönetimi (YTZY), ürünlerin çevresel gerekliliklere ve düzenlemelere uygun olarak performansını artırmak için bir yaklaşımdır. YTZY; tasarım, üretim ve dağıtımdan tüm tedarik zincirine, son kullanıcılar tarafından ürünlerin kullanımına ve ürünün kullanım ömrünün sonunda elden çıkarılmasına kadar

ürünün yaşam döngüsünün tüm aşamalarını kapsar. Burada tedarikçilerin rolü ise göz ardı edilemez. Bunun ışığında, tedarikçi seçim kriterlerinin yeşil bakış açısına göre yeniden tasarlanması gerekmektedir. Bu sebeple; bu çalışmanın temel amacı, entegre bir formülasyon kullanarak yeşil tedarikçileri değerlendirme ve derecelendirme sorununu çözmektir. Bu çalışma, MG'ler ve tedarikçi seçim kriterleri arasındaki etkileşim ilişkilerini ve etki seviyelerini değerlendirir ve açıklar ve ayrıca MG'lerin ve tedarikçi seçim kriterlerinin ağırlıklarını belirler. Bu sebeple kullanılan DEMATEL yöntemi, MG'leri neden-sonuç gruplarına ayırarak, temel ilişki şemasını oluşturmayı gerçekleştirmiştir.

Elde edilen sonuçlara dayanarak kuruluşun; ürün ve süreç kalitesini, enerji ve doğal kaynak tüketimini, yeşil kullanımı arttırılmış yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranını farklı çevre düzenlemelerine göre sürdürmeye odaklanması önerilir. Ayrıca altyapı, tesis ve kalitedeki sürdürülebilir gelişmeler için kilit yönetim gücü olan güçlü yönetim bağlılığının ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Ayrıca, etkin bir YTYZ sistemini sürdürmek için gelişmiş üretim ve ters lojistik süreçlerine ve üretim planlama faaliyetlerine güçlü bir şekilde odaklanmak yönetimin sorumluluğundadır.

Bu çalışmanın bulguları, verimsiz tedarikçilerin performanslarını geliştirmek için bu özelliklere odaklanabilmeleri için tedarikçi performansına ve verimliliğine önemli ölçüde katkıda bulunan farklı nitelikler hakkında bazı önemli görüşler ortaya koymaktadır. Yapılan çalışmanın sonuçlarına baktığımızda; verimsiz tedarikçilerin yeniden kullanma ve geri dönüşüm oranlarını arttırmaları, enerji ve doğal kaynak tüketimini yoğunlaştırmaları ve teslimat performansını arttırmaları gerektiği ve verimli tedarikçilerinin yeşil tasarım özellikleri, fiyat, kalite adaptasyonu ve uygun üretim planlaması ile ilgili kıyaslama politikalarını ve tekniklerini benimsemelidir. Bu amaçla önerilen bütünlük çerçevesinin, sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirmenin yanında organizasyonların daha rekabetçi hale gelmesini sağlayacak, çevreye duyarlı tedarikçi zinciri yönetimi sisteminin geliştirilmesinde hayati bir araç olarak hizmet etmesi beklenmektedir.

Önerilen tedarikçi seçimi yaklaşımı, karar vericilerin karar verme sürecinde ilgili özelliklerin karmaşık ilişkilerini daha iyi anlamasını ve ardından kararın güvenilirliğinin geliştirilmesini ve ayrıca sürdürülebilir kalkınmanın bir dereceye kadar sürdürülebilir olmasına katkıda bulunmasını sağlayacaktır. Önerilen bütünlük yöntem, herhangi bir sayıda alternatif ve istenildiği sayıda kriter içeren diğer karar verme problemlerini çözmek için kolayca kullanılabilir.

8.2. Yönetimsel Öneriler (Managerial Tips)

Bu çalışmanın ana amacı, Goldenyum şirketinin kaliteyi arttırması ve sonunda tüketicileri ödüllendirmek için yeşil düzenlemelere dayalı hazır ürün sunmasıdır. Ayrıca, en üst sıralarda yer alan tedarikçilerin değerlendirme puanları görebilme, tedarikçilerin zayıflıklarını anlama ve gelecek

planları için mantıksal bir karara kavuşmak olarak özetlenebilir. Bu çalışmada; şirketin zayıflıklarını azaltmak için ortakları ile iyi ilişkiler geliştirmeleri için bir temel oluşturmaya çalıştık. Bu çalışmanın bulguları şirket yöneticileri ile tartışıldı ve şirket yöneticileri tarafından onaylandı. Böylece tedarikçinin performansını bir dizi kriter üzerinden modelleyebilme yeteneği, şirkete verimli yönetim yetkinlikleri için bir yetenek geliştirme analizi başlatmasını önerecektir. Önerilen modelin yeterince sağlam olduğuna ve çok kriterli karar verme problemlerine yönelik uygulamalarda kolayca uygulanabileceğine inanmaktayız. Bu çalışma ile birlikte yöneticiler karar yapılarını daha etkin bir şekilde oluşturabilir ve tedarikçi nitelikleri göreceli önemini tespit edebilirler. Önerilen bu çalışma ile yöneticilere; tedarikçiler arasında etkin performans sağlayan müşteri ve dış parametrelere odaklanan tedarikçinin geliştirme programlarını önceliklendirme konusunda yardımcı olmaya çalışılmaktadır. Tedarikçi performansının etkin bir şekilde değerlendirilmesi; tedarikçilerin zayıf niteliklere ilişkin performansını ve davranışını etkin bir şekilde iyileştirir ve ayrıca daha güçlü tedarikçilere tüm uygulamaları bir sonraki seviyeye çıkarmaları için daha fazla olanak tanır. Her ne kadar birçok araştırma daha önce tedarikçi seçim problemini üstlenmek için pek çok tekniği araştırmış olsa da; mevcut çalışma, müşteri görüşlerini ve tedarikçilerin temel faaliyetlerine talep içeren gerçek yaşam tedarikçisi seçim problemini ele almak için entegre bir yaklaşımı ifade etmektedir.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

1. Karakaşoğlu N., Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ve bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli, 2008.
2. Torun H., Canbulut G., Analysis of two stage supply chain coordination under fuzzy demand, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 34 (3), 1315-1328, 2019.
3. Yazdani M., Hashemkhani Zolfani S., Zavadskas E. K., New integration of MCDM methods and QFD in the selection of green suppliers. Journal of Business Economics and Management, 17 (6), 1097-1113, 2016.
4. Bostancı B., Bakır N.Y., Doğan U., Güngör M.K., Research on GIS-aided housing satisfaction using fuzzy decision-making techniques, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32 (4), 1993-1208, 2017.
5. Yılmaz O., Görür G., Dereli T., Computer aided selection of cutting parameters by using fuzzy logic. In International Conference on Computational Intelligence, Springer, Berlin-Heidelberg, October. 854-870, 2001.
6. Kumar A., Jain V., Kumar S., A comprehensive environment friendly approach for supplier selection. Omega, 42 (1), 109-123, 2014.
7. Govindan K., Khodaverdi R., Jafarian A., A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line

- approach, *Journal of Cleaner production*, 47, 345-354, 2013.
8. Bai C., Sarkis J., Green supplier development: analytical evaluation using rough set theory, *Journal of Cleaner Production*, 18 (12), 1200-1210, 2010.
 9. Khaksar E., Abbasnejad T., Esmaeili A., Tamošaitienė J., The effect of green supply chain management practices on environmental performance and competitive advantage: a case study of the cement industry, *Technological and Economic Development of Economy*, 22 (2), 293-308, 2016.
 10. Kannan D., De Sousa Jabbour A.B.L., Jabbour C.J.C., Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company, *European Journal of Operational Research*, 233 (2), 432-447, 2014.
 11. Kahraman C., Öztayşi B., Sarı İ. U., Turanoğlu E., Fuzzy analytic hierarchy process with interval type-2 fuzzy sets, *Knowledge-Based Systems*, 59, 48-57, 2014.
 12. Liou J.J., Tamošaitienė J., Zavadskas E.K., Tzeng G. H., New hybrid COPRAS-G MADM Model for improving and selecting suppliers in green supply chain management, *International Journal of Production Research*, 54 (1), 114-134, 2016.
 13. Yu C., Huatuco L. H., Supply Chain Risk Management Identification and Mitigation: A Case Study in a Chinese Dairy Company, In *Sustainable Design and Manufacturing*, Springer, Cham, 475-486, 2016.
 14. Zhu Q., Sarkis J., An inter-sectoral comparison of green supply chain management in China: drivers and practices, *Journal of cleaner production*, 14 (5), 472-486, 2006.
 15. Tuzkaya G., Ozgen A., Ozgen D., Tuzkaya U. R., Environmental performance evaluation of suppliers: A hybrid fuzzy multi-criteria decision approach. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 6 (3), 477-490, 2009.
 16. Awasthi A., Chauhan S. S., Goyal S. K., A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers, *International Journal of Production Economics*, 126 (2), 370-378, 2010.
 17. Kumaraswamy A. H., Bhattacharya A., Kumar V., Brady M., An integrated QFD-TOPSIS methodology for supplier selection in SMEs. In *Computational Intelligence, Modelling and Simulation (CIMSIM)*, 2011 Third International Conference on, IEEE, September, 271-276, 2011.
 18. Rajesh G., Malliga P., Supplier selection based on AHP QFD methodology, *Procedia Engineering*, 64, 1283-1292, 2013.
 19. Dursun M., Karsak E. E., A QFD-based fuzzy MCDM approach for supplier selection, *Applied Mathematical Modelling*, 37 (8), 5864-5875, 2013.
 20. Tidwell A., Sutterfield J. S., Supplier selection using QFD: A consumer products case study, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 29 (3), 284-294, 2012.
 21. Alinezad A., Seif A., Esfandiari N., Supplier evaluation and selection with QFD and FAHP in a pharmaceutical company, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68 (1-4), 355-364, 2013.
 22. Jones A., An environmental assessment of food supply chains: a case study on dessert apples, *Environmental management*, 30 (4), 560-576, 2002.
 23. Asadabadi M.R., A customer based supplier selection process that combines quality function deployment, the analytic network process and a Markov chain, *European Journal of Operational Research*, 263 (3), 1049-1062, 2017.
 24. Pramanik D., Haldar A., Mondal S. C., Naskar S. K., Ray A., Resilient supplier selection using AHP-TOPSIS-QFD under a fuzzy environment, *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 12 (1), 45-54, 2017.
 25. Azadnia A. H., Ghadimi P., An Integrated Approach of Fuzzy Quality Function Deployment and Fuzzy Multi-Objective Programming Tosustainable Supplier Selection and Order Allocation, *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 11 (1), 1-22, 2018.
 26. Babbar C., Amin S. H., A multi-objective mathematical model integrating environmental concerns for supplier selection and order allocation based on fuzzy QFD in beverages industry, *Expert Systems with Applications*, 92, 27-38, 2018.
 27. Govindan K., Sivakumar R., Green supplier selection and order allocation in a low-carbon paper industry: integrated multi-criteria heterogeneous decision-making and multi-objective linear programming approaches, *Annals of Operations Research*, 238 (1-2), 243-276, 2016.
 28. Celik E., Akyuz E., An interval type-2 fuzzy AHP and TOPSIS methods for decision-making problems in maritime transportation engineering: The case of ship loader, *Ocean Engineering*, 155, 371-381, 2018.
 29. Azadnia A. H., Saman M. Z. M., Wong K. Y., Sustainable supplier selection and order lot-sizing: an integrated multi-objective decision-making process, *International Journal of Production Research*, 53 (2), 383-408, 2015.
 30. Luthra S., Govindan K., Kannan D., Mangla S. K., Garg C. P., An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains, *Journal of Cleaner Production*, 140, 1686-1698, 2017.
 31. Shen L., Olfat L., Govindan K., Khodaverdi R., Diabat A., 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, 2013.
 32. Baležentis T., & Zeng S., Group multi-criteria decision making based upon interval-valued fuzzy numbers: an extension of the MULTIMOORA method, *Expert Systems with Applications*, 40 (2), 543-550, 2013.
 33. Rostamzadeh R., Govindan K., Esmaeili A., Sabaghi M., Application of fuzzy VIKOR for evaluation of green supply chain management practices, *Ecological Indicators*, 49, 188-203, 2015.
 34. Naim S., Hagrass H., A type 2-hesitation fuzzy logic based multi-criteria group decision making system for

- intelligent shared environments, *Soft Computing*, 18 (7), 1305-1319, 2014.
35. Cuthbertson R., Piotrowicz W., Supply chain best practices–identification and categorisation of measures and benefits, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 57 (5), 389-404, 2008.
36. Bhattacharya A., Mohapatra P., Kumar V., Dey P. K., Brady M., Tiwari M. K., Nudurupati S. S., Green supply chain performance measurement using fuzzy ANP-based balanced scorecard: a collaborative decision-making approach, *Production Planning & Control*, 25 (8), 698-714, 2014.
37. Vachon S. ve Klassen R.D., Green Project Partnership In The Supply Chain: The Case Of The Package Printing Industry, *Journal Of Cleaner Production*, 14 (6-7), 661–671, 2006.
38. Van Hoek R. I., From Reversed Logistics To Green Supply Chains, *Supply Chain Management: An International Journal*, 4 (3), 129 – 135, 1999.
39. Atrek B., Özdağoğlu A., Yeşil Tedarik Zinciri Uygulamaları: Alüminyum Doğrama Sektörü İzmir Örneği, *Anadolu University Journal of Social Sciences*, 14 (2), 13-25, 2014.
40. Polat L. Ö., Yeşil tedarik zinciri ağı tasarımı için müşteri beklentilerini esas alan bir model önerisi, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2014.
41. Denizhan B., Yalçın A. Y., Berber Ş., Analitik hiyerarşi proses ve bulanık analitik hiyerarşi proses yöntemleri kullanılarak yeşil tedarikçi seçimi uygulaması, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (1), 63-78, 2017.
42. Tang J., Zhang Y. E., Tu Y., Chen Y., Dong Y., Synthesis, evaluation, and selection of parts design scheme in supplier involved product development, *Concurrent Engineering*, 13 (4), 277-289, 2005.
43. Güllü E. ve Ulçay Y., Kalite Fonksiyonu Yayılımı ve Bir Uygulama, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7 (1), 71-91, 2002.
44. Aksakal E., Dağdeviren M., An integrated approach for personel selection with DEMATEL and ANP methods, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 25 (4), 905-913, 2010.
45. Tsai W.H., Chou W.C., Selecting management systems for sustainable development in SMEs: A novel hybrid model based on DEMATEL, ANP, and ZOGP, *Expert systems with applications*, 36 (2), 1444-1458, 2009.
46. Chiu Y.J., Chen H.C., Tzeng G.H., Shyu J.Z., Marketing strategy based on customer behaviour for the LCD-TV, *International journal of management and decision making*, 7 (2-3), 143-165, 2006.
47. Khademi-Zare H., Zarei M., Sadeghieh A., Owlia M. S., Ranking the strategic actions of Iran mobile cellular telecommunication using two models of fuzzy QFD, *Telecommunications Policy*, 34 (11), 747-759, 2010.
48. Ignatius J., Rahman A., Yazdani M., Šaparauskas J., Haron S. H., An integrated fuzzy ANP–QFD approach for green building assessment, *Journal of Civil Engineering and Management*, 22 (4), 551-563, 2016.

