

Bulanık AHP-Bulanık ARAS Yöntemlerine Dayalı Dayanıklı Tedarikçi Seçimi

Ahmet ÇALIK*

Öz

Tedarikçilerin başarısı tüm tedarik zincirinin başarısını etkilediğinden tedarik zincirlerinde dış risklerin esas kaynağı tedarikçiler olmaktadır. Tedarikçilerin riskleri yönetme ve belirsiz durumlarla başa çıkma yeteneği, tedarik zincirinin dayanıklılığını artıracaktır. Artan ve farklılaşan bir rekabet ortamında tedarikçi seçimi, karar vericilerin en iyi sonucu elde etmesi için nicel ve nitel çoklu kriterleri dikkate almalarını gerektiren karmaşık bir süreçtir. Bu çalışmanın amacı, tekstil sektöründe dayanıklı tedarikçi seçimi için yeni bir çok kriterli bir karar verme (ÇKKV) yaklaşımı önermektir. İlk aşamada, tedarik zincirinin dayanıklılığını etkileyen kriterler uzman görüşü kullanılarak tanımlanmıştır. Bulanık küme teorisi belirsizliği daha iyi anlamamıza ve daha iyi tahmin etmemize yardımcı olduğu için, tanımlanan kriterlerin ağırlığını belirlemek için Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP) ve tedarikçileri sıralamak için Bulanık Additive Ratio ASsessment (BARAS) kullanılmıştır. Önerilen ÇKKV yaklaşımının etkililiğini göstermek için tekstil sektöründeki bir firma için gerçek bir örnek olay uygulaması yapılmıştır. Bulgular, dayanıklı tedarikçi seçiminde en önemli faktörün dayanıklılık olduğunu ve bu faktör içerisinde tedarikçinin esnekliği ve cevap verilebilirlik alt kriterlerinin en önemli olduğunu göstermektedir. Bu araştırmanın sonuçları, tekstil sektöründeki en doğru tedarikçileri belirlemek için uygun yöntemleri belirleme ve uygulama konusunda araştırmacılara ve karar vericilere yardımcı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHP), Bulanık Additive Ratio ASsessment (BARAS), Dayanıklı Tedarikçi Seçimi.

Resilient Supplier Selection Based on Fuzzy AHP-Fuzzy ARAS Methods

Abstract

Since the success of suppliers affects the success of the entire supply chain, the main source of external risks in supply chains is accepted as suppliers. The ability of suppliers to manage risks and deal with uncertain situations will increase the resilience of the supply chain. In an increasing and varying competitive environment, supplier selection is a complex process that requires decision-makers to consider multiple quantitative and qualitative criteria in order to achieve the best result. The aim of this study is to propose a new multi-criteria decision making (MCDM) approach for resilient supplier selection in the textile industry. In the first stage, the criteria affecting the



Özgün Araştırma Makalesi (Original Research Article)

Geliş/Received: 13.10.2020

Kabul/Accepted: 25.03.2021

DOI: <https://dx.doi.org/10.17336/igusbd.798775>

* Dr. Öğr. Üyesi, KTO Karatay Üniversitesi, İİBF, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Konya, Türkiye. E-posta: ahmetcalik51@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6796-0052>

resilience of the supply chain are defined using expert opinion. As fuzzy set theory helps us better understand and predict uncertainty, the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) is used to determine the weight of the defined criteria and the Fuzzy Additive Ratio ASsessment (FARAS) to rank suppliers. A real case study is conducted for a company in the textile industry to demonstrate the effectiveness of the proposed MCDM approach. The findings show that the most important factor in the selection of resilient suppliers is resiliency, and the supplier flexibility and responsiveness are found the most important sub-criteria within this factor. The results of this research will assist researchers and decision makers in identifying and applying appropriate methods to identify the most accurate suppliers in the textile industry.

Keywords: Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP), Fuzzy Additive Ratio ASsessment (FARAS), Resilient Supplier Selection.

JEL Codes: C44, D70, D81.

Giriş

Küreselleşmenin pazarlardaki etkisi, her büyüklükteki işletmeye fırsatların yanı sıra riskler de getirmektedir. Tedarikçilerin performansının doğrudan işletmeleri etkilemesi uyumlu olmayan tedarikçilerle iş yapan bir işletmeyi para cezalarına, yaptırımlara ve tüketicilere olan güven kaybına maruz bırakabilmektedir. Bu nedenle tedarikçi seçim karar süreci, tedarik zinciri performansının iyileştirilmesinin önemli bir belirleyicisidir. Bu süreç, işletmelerin tedarik gereksinimi için en iyi tedarikçileri değerlendirmeyi, seçmeyi ve seçilen tedarikçilere sipariş tahsisini atamayı içermektedir. Doğru tedarikçi kararı, şirketlerin ürünleri gerekli miktarda makul fiyat ve zamanında sunmasına yardımcı olmaktadır (Kuo, Wang, & Tien, 2010). Bu nedenlerden ötürü tedarikçi seçimi, tedarik zinciri yönetimi alanında stratejik bir karar olarak kabul edilmektedir (Moheb-Alizadeh, Mahmoudi, & Bagheri, 2017).

Hammaddelerin ve parçaların maliyeti, nihai ürün maliyetinin önemli bir yüzdesini içerdiği için tedarikçi seçimi işletmelerin tedarik zinciri yönetiminde karşılaştığı en kritik sorunlardan birisidir (Çalık, 2020; Govindan & Sivakumar, 2016). Geleneksel olarak işletmeler tedarikçi performansını değerlendirirken fiyat, kalite, esneklik ve tedarikçi itibarı gibi kriterleri dikkate almaktadırlar (Azadi, Jafarian, Saen, & Mirhedayatian, 2015; Küçük & Ecer, 2010). Ancak son yıllarda yeşil, sürdürülebilir ve dijital tedarikçi seçimi konuları da araştırmacılar tarafından ele alınır olmuştur. Tedarikçi seçimi konusunda birçok çalışma bulunmasına rağmen, dayanıklı tedarikçi seçimine ilişkin araştırmalar oldukça nadirdir (Valipour Parkouhi & Safaei Ghadikolaei, 2017). Bu nedenle, dayanıklılık kavramı, tedarik zinciri yönetimi kapsamında çok önemli hale gelmiştir. Tedarik zinciri dayanıklılığı, bir tedarik zincirinin bozulduktan ya da karışıklıktan sonra kabul edilebilir bir süre içinde normal çalışma performansına dönme kabiliyeti olarak tanımlanabilmektedir (Brandon-Jones, Squire, Autry, & Petersen, 2014; Christopher & Peck, 2004). Beklenmedik bir değişikliğe uyum sağlamak, tedarik zinciri dayanıklılığının ayırt edici özelliğidir (Krause, Vachon, & Robert D., 2009).

Ancak, günümüzün küresel tedarik zincirleri depremler, seller, yangınlar, salgın hastalıklar ve grevler gibi beklenmedik doğal ve insan yapımı felaketlere maruz kalabilmektedir. Örneğin, Mart 2011'de Japonya'daki doğal afetler Nissan'ın tedarik zincirini kötü etkilemiştir. Iwaki ve Tochigi fabrikaları neredeyse mahvolmuş ve tüm üretim operasyonları neredeyse günlerce durdurulmuştur. Ancak, bu zarara rağmen, 2011'de Nissan pozitif büyüme ve gelir elde edebilmiş ve global satışları %17.1 artmıştır.

Nissan'ın başarısındaki en büyük etkenlerin, parça tedarikini değiştirmesi ve Japonya dışında üretim montajını sürdürmesi olarak söylenebilir (Ivanov, 2018). Benzer şekilde, COVID-19 salgınının tedarik zincirleri üzerindeki etkiler büyük olmuş, organizasyonlar kısa, orta ve uzun vadeli eylem planları hazırlamışlardır. Örneğin KPMG Türkiye, alternatif tedarik (alternatif tedarikçi, alternatif mal grubu, vb.) ve satış (alternatif müşteri, alternatif ürün / hizmet, alternatif kanal, vb.) rotalarının belirlenmesini (KPMG Türkiye, 2020), PwC Türkiye, zayıf tedarikçileri desteklemek, birincil tedarikçinin etkilendiği durumda ikincil tedarikçiden parçaların ve alternatif hammaddelerin kullanımını başlatmak ve ikinci ve üçüncü kademe tedarikçilerin kapasitelerini, teslimatlarını; kaynaklarını ve ek üretim kapasitelerini garanti altına almak gibi önlemler önermişlerdir (PwC Türkiye, 2020).

Tedarik zincirinde riskleri ve aksaklıkları azaltmak için dayanıklılık stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu ise tedarik zinciri ağının başarısını doğrudan etkileyen tedarikçi seçiminden başlayarak yapılmalıdır. Dolayısıyla, dayanıklılık kriterlerini dikkate alan tedarikçi değerlendirmesi, bu stratejinin doğru şekilde uygulanmasında hayati bir rol oynamaktadır (Davoudabadi, Mousavi, & Sharifi, 2020).

Tedarikçilerin değerlendirilmesinde birden fazla faktör dikkate alınması gerekmektedir ve ÇKKV problemi olarak tedarikçilerin seçiminde hem nitel hem de nicel kriterler etkili olabilmektedir. Tedarikçi seçiminde doğru karar modellerinin oluşturulması için birçok ÇKKV yöntemi farklı paradigmanın önemi ile kullanılmasına rağmen, tedarikçi seçiminde dayanıklılık kriterlerini dikkate alan çok az çalışma vardır. Dolayısıyla, bu çalışmanın en önemli amacı, dayanıklı tedarikçi seçimi için yeni bir ÇKKV çerçevesi önermektir. Bu doğrultuda çalışmanın özel hedefleri aşağıdaki gibidir:

- Dayanıklı tedarikçi seçimi için değerlendirme kriterlerini anlamak ve belirlemek;
- Belirlenen seçim kriterlerinin önem düzeyini BAHP yöntemi kullanılarak elde etmek;

- Aday tedarikçiler arasından en dayanıklı tedarikçiyi BARAS yöntemi ile seçmek.

Bulanık küme teorisi, klasik AHP ve ARAS yöntemlerini kullanarak önemli bulguları elde etmek zor olduğundan, karar verme probleminin belirlenmesindeki belirsizliği en aza indirmeye yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, bulanık tabanlı yaklaşım, kesin sayısal değerleri tahmin etmeye ve karar verme sırasında uzmanlar tarafından yapılan hataları en aza indirmeye yardımcı olmaktadır. Tedarikçi seçimi konusunda çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen, BAHP-BARAS hibrit metodolojisi ile dayanıklılık kriterlerinin çok dikkate alınmadığı yazarların bilgisi dahilinde belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında, araştırmanın başlıca katkıları şu şekilde sıralanmıştır:

- Bulanık küme teorisi altında dayanıklı tedarikçi seçimi için yeni hibrit bir metodoloji geliştirilmiştir.

- BAHP-BARAS metodolojisi dayanıklılık kriterlerini dikkate alarak ilk kez birleştirilmiştir.

Çalışmanın geri kalanı aşağıdaki gibi düzenlenmiştir: Bölüm 1'de dayanıklı tedarikçi seçim problemi için ilgili literatür gözden geçirilmiştir. Bölüm 2, BAHP ve BARAS gibi önerilen yaklaşım için gerekli temel bilgileri açıklamaktadır. Bölüm 3, önerilen yaklaşımı ve Bölüm 4 önerilen yaklaşımın uygulanmasını sunmaktadır. Son bölümde tartışma ve sonuçlar açıklanmaktadır.

Literatür Araştırması

Bu çalışmada, literatür taraması iki bölüm halinde sunulmuştur. Öncelikle dayanıklı tedarikçi seçiminde ve değerlendirmesinde kullanılan değerlendirme kriterleri

gözden geçirilmiş, ikinci olarak ele alınan problemi çözmek için kullanılan ÇKKV yöntemlerinden kısaca bahsedilmiştir.

Pramanik vd. (2017) bulanık ortam altında AHP-QFD-TOPSIS yöntemleri ile, tedarikçilerin seçimi için bir seçim indeksi geliştirerek dört aşamalı bir analitik çerçeve sunarak dayanıklı tedarikçi seçimi problemini ele almışlardır. Haldar vd. (2012) dayanıklı tedarikçi seçimi için entegre AHP-QFD-TOPSIS metodolojisi kullanarak ÇKKV ile dört aşamalı bir analitik çerçeve sunmuşlardır. Hosseini & Khaled (2019) tedarikçinin dayanıklılık kapasitesine göre dayanıklı seçimi için esnek kriterleri belirlemişlerdir. Tedarikçilerin dayanıklılık değerini hesaplamak için hibrit topluluk ve AHP yaklaşımları kullanılmıştır. Gan vd. (2019) dayanıklı tedarikçi seçimi problemini çözmek için rastgele ortamlarda üçgensel bulanık sayı, en iyi-en kötü yöntem (BWM) ve modüler TOPSIS'i birleştiren karma bir yöntem önermişlerdir. Torabi vd. (2015) operasyonel riskler ve kesinti riskleri altında dayanıklı tedarikçi seçimi ve sipariş tahsisi sorununu ele almak için iki amaçlı karma olasılıklı, iki aşamalı bir stokastik programlama modeli önermişlerdir. Davoudabadi vd. (2020) esnek tedarikçi seçimi problemini analiz etmek için temel bileşenler analizi, VZA ve entropi yaklaşımının yeni bir kombinasyonu ile ele almışlardır. Christopher & Peck (2004) üretime dönük envanter ve tedarik koşullarının tedarik zinciri dayanıklılığı etkisini tartışmışlardır. Rajesh & Ravi (2015) bir elektronik tedarik sisteminde tipik olarak görülen dayanıklılık özelliklerini dikkate alarak tedarikçilerin seçilmesi için gri ilişkisel analizi kullanmışlardır. Vugrin vd. (2011) dayanıklılığı, bozulmayı önleme ve aksaklık sonrası iyileşme perspektiflerinden tanımlayarak ve dayanıklılığın söğurma, uyarılma ve onarma kapasitelerini içerdiğini ifade etmişlerdir.

AHP/BAHP ve ARAS/BARAS yöntemlerine ilişkin literatür taraması tablo halinde özetlenerek Tablo 1 ve 2'de sunulmuştur.

Tablo 1. AHP ve BAHP Yöntemlerine ait Literatür Özeti

Yazar(lar)	Çalışmanın Konusu	Yöntem	Ek Yöntem
Awasthi, Govindan, & Gold (2018)	Sürdürülebilir küresel tedarikçi seçimi	BAHP	Bulanık VIKOR
Luthra & Mangla (2018)	Endüstri 4.0 girişimlerinin önündeki zorlukların değerlendirilmesi	AHP	Açımlayıcı faktör analizi
Lyu, Sun, Shen, & Arulrajah (2018)	Metro sisteminin taşkın risk seviyesi değerlendirmesi	AHP	Aralık AHP
İlbarhar, Karaşan, Cebi, & Kahraman (2018)	İş sağlığı ve güvenliği alanında risk değerlendirmesi	Pisagor AHP	Fine Kinney ve bulanık çıkarım sistemi
Tian vd. (2018)	En uygun yeşil dekorasyon malzemelerinin seçimi	AHP	Gri korelasyon TOPSIS
Fattahi & Khalilzadeh (2018)	Arıza modu ve etki analizi	BAHP	Bulanık MULTIMOORA
Sirisawat & Kiatcharoenpol (2018)	Tersine lojistik engellerinin önceliklendirilmesi	BAHP	Bulanık TOPSIS
Jain, Sangaiyah, Sakhuja, Thoduka, & Aggarwal (2018)	Tedarikçi seçimi	BAHP	Bulanık TOPSIS
Sennaroglu & Varlık Celebi (2018)	Askeri bir havaalanı için yer seçimi problemi	AHP	PROMETHEE, VIKOR, COPRAS, MAIRCA ve MABAC
Ghimire & Kim (2018)	Yenilenebilir enerji geliştiriminin önündeki engellerin belirlenmesi	AHP	-
Alami Merrouni, Elwali Elaloui, Mezhrab, Mezhrab, & Ghennioui (2018)	Doğu Fas'ın büyük ölçekli Fotovoltaik çiftliklerine ev sahipliği yapma kapasitesinin değerlendirilmesi	AHP	Coğrafi bilgi sistemi
Pamuçar, Stević, & Zavadskas (2018)	Üniversite web sayfalarının değerlendirilmesi	Aralıklı Kaba AHP	Aralıklı Kaba MABAC

Arabameri, Rezaei, Cerdà, Conoscenti, & Kalantari (2019)	Sel tehlikesi duyarlılık haritalaması.	AHP	TOPSIS ve VIKOR
Wang vd. (2019)	Sürdürülebilir enerji dönüştürme teknolojilerinin seçilmesi	BAHP	VIKOR
Erbaş, Kabak, Özceylan, & Çetinkaya (2018)	Potansiyel elektrikli araç lokasyonları değerlendirmesi	BAHP	Bulanık TOPSIS
Solangi, Tan, Mirjat, & Ali (2019)	Sürdürülebilir enerji planlaması yaklaşımları değerlendirmesi	AHP	SWOT ve Bulanık TOPSIS
Azimifard, Moosavirad, & Ariaifar (2018)	Sürdürülebilir tedarikçi seçimi	AHP	TOPSIS
Ren, Li, & Zhang (2019)	Tarımsal su ve arazinin optimizasyonu	AHP	Çok amaçlı stokastik bulanık programlama
Nazari, Fallah, Kazemipoor, & Salehipour (2018)	Hastaların durumunun değerlendirilmesi	BAHP	bulanık çıkarım sistemi
Ecer (2018b)	Üçüncü parti lojistik sağlayıcı seçimi	BAHP	EDAS
Kabak, Erbaş, Çetinkaya, & Özceylan (2018)	Bisiklet paylaşım istasyonlarının değerlendirilmesi	AHP	MOORA ve coğrafi bilgi sistemi
Ecer (2018a)	Mobil bankacılık hizmetleri değerlendirilmesi	BAHP	ARAS
Öztürk & Paksoy (2020)	Tedarikçi seçimi	Aralık tip-2 BAHP	Bulanık çıkarım sistemi
Denizhan & Yalçiner (2017)	Yeşil tedarikçi seçimi	AHP ve BAHP	-
Çalık (2018)	Yeşil tedarikçi seçimi	Aralık tip-2 BAHP	Bulanık çok-amaçlı doğrusal programlama

Tablo 2. ARAS ve BARAS Yöntemlerine ait Literatür Özeti

Yazar(lar)	Çalışmanın Konusu	Yöntem	Ek Yöntem
Kerşulienne & Turskis (2011)	Mimar seçim problemi	BARAS	SWARA
Štreimikiene, Šliogeriene, & Turskis (2016)	Elektrik üretim teknolojilerinin seçimi	ARAS	AHP
Medineckiene, Zavadskas, Björk, & Turskis (2015)	Yapı sürdürülebilirlik değerlendirilmesi	ARAS	AHP
Ghenai, Albawab, & Bettayeb (2020)	Yenilenebilir enerji sistemleri sürdürülebilirlik göstergelerinin değerlendirilmesi	ARAS	SWARA
Ighravwe & Oke (2019)	Yeterli bakım stratejisi seçimi	ARAS	SWARA, WASPAS ve bulanık aksiyomatik tasarım
Matić vd. (2019)	Sürdürülebilir tedarikçi seçimi	Kaba ARAS	FUCOM, COPRAS, SAW ve MABAC
Petrović, Mihajlović, Čojbašić, Madić, & Marinković (2019)	Tedarikçi seçimi	BARAS	Bulanık SWARA, bulanık TOPSIS ve bulanık WASPAS
Arabameri, Pradhan, Pourghasemi, & Rezaei (2018)	Toprak erozyonu duyarlılığı değerlendirilmesi	ARAS	COPRAS ve coğrafi bilgi sistemi
Fu (2019)	Tedarikçi seçimi	ARAS	AHP ve çoktan seçmeli hedef programlama
Balki, Erdoğan, Aydın, & Sayin (2020)	Motor çalışma parametrelerinin optimizasyonu	ARAS	SWARA
Mostafaeipour, Hosseini Dehshiri, & Hosseini Dehshiri (2020)	Enerji santrali inşası için uygun yer seçimi	ARAS	SWARA
Çalış Boyacı (2020)	Çevre dostu şehirlerin seçimi	Kararsız ARAS	-
Büyüközkan & Göçer (2018)	Dijital tedarikçi seçimi	Aralık değerli	AHP

		sezgisel ARAS	
Mavi (2015)	Yeşil tedarikçi seçimi	BARAS	BAHP
Oruç (2019)	Polis merkezi kuruluş yeri seçimi	BARAS	BAHP
Madenoğlu (2020)	personel seçimi	BARAS	Bulanık SWARA, bulanık TOPSIS, bulanık GRA ve bulanık WASPAS

Yapılan literatür taraması sonucunda BAHP-BARAS yöntemlerini bir arada veya ayrı ayrı farklı konu başlıkları altında çalışıldığı görülmüştür. Dayanıklı tedarikçi seçimi literatürde nadiren çalışılan konulardan birisi olup BAHP-BARAS yöntemleri ile hiç incelenmemiştir. Bu çalışmada dayanıklı tedarikçi seçimi için BAHP-BARAS birleştirilerek yeni bir karar verme yaklaşımının sunulması planlanmaktadır.

Yöntemler

Bu bölümde, dayanıklı tedarikçi seçimi için önerilen yöntemler sunulmuştur. Yöntemlerin ayrıntıları aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

BAHP

Karar verme problemlerini çözmek ve kriter ağırlıklarını hesaplamak için literatürde birkaç bulanık AHP yöntemi geliştirilmiştir. Bu çalışmada kriterlerin ağırlıkları Buckley (1985)'in geometrik ortalama yöntemi ile hesaplanmış ve yöntemin işlem adımları aşağıda sunulmuştur:

Adım 1: Karar vericilere danışılarak elemanları $\tilde{t}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ olan ve tüm i ve j için üçgensel bulanık sayılarla temsil edilen ikili karşılaştırma matrisi elde edilir. Tablo 3, kriterlerin ikili karşılaştırması için kullanılan dilsel değerlendirme ölçeğini göstermektedir.

Tablo 3. İkili Karşılaştırmalar için Kullanılan Dilsel Değerlendirme Ölçeği (Lin, 2010)

Dilsel Değişken	Önem Düzeyi	Bulanık Ölçek
Eşit derecede önemli	1	(1, 1, 1)
Orta	2	(1, 2, 3)
Zayıf derecede önemli	3	(2, 3, 4)
Orta	4	(3, 4, 5)
Kuvvetli derecede önemli	5	(4, 5, 6)
Orta	6	(5, 6, 7)
Çok kuvvetli derecede önemli	7	(6, 7, 8)
Orta	8	(7, 8, 9)
Kesinlikle daha önemli	9	(9, 9, 9)

Adım 2: Her satır için geometrik ortalama Denklem (1) ile hesap edilir:

$$\tilde{z}_i = \left[\prod_{j=1}^n \tilde{t}_{ij} \right]^{1/n}, \forall i \quad (1)$$

Adım 3: Bulanık ağırlıklar \tilde{w}_i Denklem (2) ile elde edilir:

$$\tilde{w}_i = \tilde{z}_i \oplus \left[\sum_{j=1}^n \tilde{z}_j \right]^{-1} \quad (2)$$

BARAS

Zavadskas vd. (2010) tarafından tanıtılan ARAS yöntemi, yalnızca alternatiflerin performansını belirlemekle kalmayıp, aynı zamanda her alternatifin ideal alternatifte oranını da hesaplamaktadır. Turskis & Zavadskas (2010) tarafından geliştirilen BARAS yönteminin temel adımları aşağıda verilmiştir:

Adım 1: Alternatifler için bulanık karar matrisi Denklem (3) ile oluşturulur.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{01} & \tilde{x}_{02} & \dots & \tilde{x}_{0j} & \dots & \tilde{x}_{0n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{x}_{i1} & \tilde{x}_{i2} & \dots & \tilde{x}_{ij} & \dots & \tilde{x}_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mj} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Bu matriste i . alternatifin j . kritere göre bulanık performans değeri \tilde{x}_{ij} ifadesi ile gösterilmiştir ($i = 0,1, \dots, m$ ve $j = 0,1, \dots, n$). Bu matrisin ilk satırında yer alan (\tilde{x}_{0j}) , j kriterinin optimal değerini ifade etmektedir.

Optimal değeri bilinmeyen j kriterleri için;

$$\tilde{x}_{0j} = \max_i \tilde{x}_{ij} \quad j \in B \quad (4)$$

$$\tilde{x}_{0j} = \min_i \tilde{x}_{ij} \quad j \in C \quad (5)$$

B fayda (maksimum yönlü) kriter kümesini, C ise maliyet (minimum yönlü) kriter kümesini ifade etmektedir. Tablo 4 tedarikçilerin dilsel değerlendirmeleri için kullanılan üçgensel bulanık sayıları göstermektedir.

Tablo 4. Tedarikçilerin Performanslarını Değerlendirmek İçin Kullanılan Dilsel Terimler (Banaeian, Mobli, Fahimnia, Nielsen, & Omid, 2018)

Dilsel ifade	Kısaltma	Üçgensel bulanık sayı
Çok kötü	VP	(0, 1, 2)
Kötü	P	(1, 2, 3)
Orta kötü	MP	(2, 3, 5)
Orta	F	(4, 5, 6)
Orta iyi	MG	(5, 6, 5, 8)
İyi	G	(7, 8, 9)
Çok iyi	VG	(8, 9, 10)

Adım 2: İkinci aşamada, tüm kriterlerin başlangıç değerleri normalize edilir. Normalize edilmiş bulanık karar verme matrisi Denklem (6) ile hesap edilir:

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{01} & \tilde{x}_{02} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} i = 0,1, \dots, m \\ j = 0,1, \dots, n \end{matrix} \quad (6)$$

Tercih değerleri maksimum olan kriterler yani fayda kriterleri aşağıdaki gibi normalize edilir:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\sum_{i=0}^m \tilde{x}_{ij}} \quad (7)$$

Tercih değerleri minimum olan kriterler yani maliyet kriterleri aşağıdaki gibi normalize edilir:

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{\tilde{x}_{ij}^*}; \tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{x}_{ij}}{\sum_{i=0}^m \tilde{x}_{ij}} \quad (8)$$

Adım 3: Ağırlıklı bulanık karar matrisi Denklem (9) kullanılarak hesaplanır.

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{01} & \tilde{x}_{02} & \dots & \tilde{x}_{0n} \\ \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \begin{matrix} i = 0,1, \dots, m \\ j = 0,1, \dots, n \end{matrix} \quad (9)$$

Tüm kriterlerin normalize edilmiş ağırlıklı değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\tilde{x}_{ij} = \tilde{x}_{ij} \otimes \tilde{w}_j, i = 0,1, \dots, m \quad (10)$$

burada: w_j , j kriterin ağırlığıdır (önem düzeyi); x_{ij} j kriterinin normalize edilmiş değeridir.

Adım 4: Bulanık optimallik fonksiyonu değerleri (\tilde{S}_i) hesaplanır.

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n \tilde{x}_{ij}, i = 0,1, \dots, m \quad (11)$$

Adım 5: \tilde{S}_i değerleri durulaştırılır.

$$S_i = \frac{1}{3}(S_{il} + S_{im} + S_{iu}) \quad (12)$$

Adım 6: Alternatifler artan bir şekilde K_i (i . alternatifin fayda derecesi) sırasına göre sıralanır ve en yüksek K_i değeri olan alternatif seçilir.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}, i = 0,1, \dots, m \quad (13)$$

Önerilen Yaklaşım: BAHP ve BARAS Tabanlı Yeni Bir Yaklaşım

İşletmelerin küresel pazarda oluşabilecek değişikliklere hızlı yanıt vermesini desteklemek ve çalıştıkları tedarikçilerin dayanıklılıklarını değerlendirmek için beş aşamalı bir yaklaşım (Şekil 1) önerilmiştir. Önerilen yaklaşım, aşağıda açıklanmaktadır:

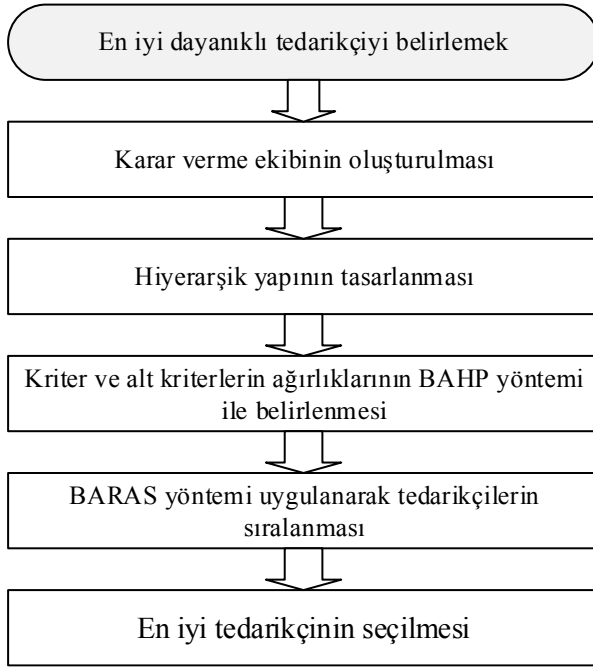
Aşama 1: Ele alınan örnek olay firmasından deneyimlerine dayanarak bir karar verme ekibi oluşturulur. Uzmanlar, BAHP ve BARAS yöntemleri ile karar verme sürecinin bir parçası olmaya davet edilecektir.

Aşama 2: Kriterler ve alt kriterler ilgili literatür ve uzmanların görüşlerinin dikkate alınması ile belirlenecektir.

Aşama 3: BAHP, belirsizlik altındaki kriterlerin ve alt kriterlerin önem düzeyini tahmin etmek için kullanılacaktır. Bu aşamada uzmanlar, Bölüm 2.1'de detaylandırıldığı gibi BAHP yöntemi için ikili karşılaştırmalar yapmaya davet edilecektir.

Aşama 4: BARAS yöntemi, tedarikçilerin performanslarını değerlendirmek için kullanılacaktır (Bölüm 2.2'de açıklanmıştır).

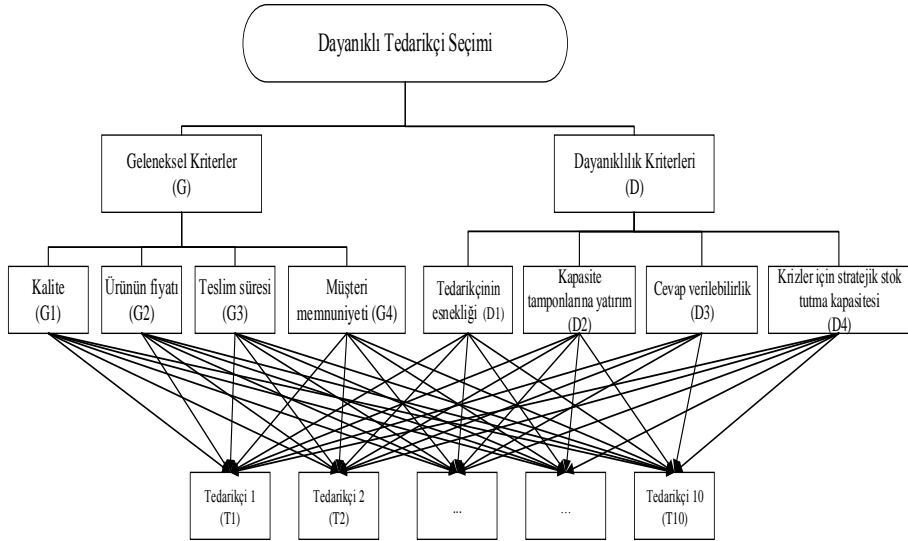
Aşama 5: En iyi dayanıklı tedarikçi seçilecektir.



Şekil 1. Dayanıklı Tedarikçi Seçimi için Beş Aşamalı Yaklaşım

Uygulama

Bu bölümde, önerilen yöntemin gerçek bir işletme üzerinde uygulamasını göstermek için tekstil sektöründen bir firma analiz edilmiştir. Ana hedef, firmanın çalıştığı birden çok tedarikçiyi geleneksel ve dayanıklılık kriterlere göre sıralamaktır. Şekil 2, ele alınan problemin hiyerarşik diyagramını göstermektedir. 10 alternatif tedarikçi T1, T2,..., T10 olarak tanımlanmıştır. Mevcut literatür ve değerlendirme ekibi ile görüşme sonucunda bir dizi geleneksel ve dayanıklı tedarikçi seçim kriteri belirlenmiştir. Literatür taraması ile elde edilen kriterler değerlendirme ekibi ile görüşülerek daraltılmıştır. Geleneksel seçim kriterleri olarak dört kriter tanımlanmıştır: Kalite (G1), Ürünün Fiyatı (G2), Teslim Süresi (G3) ve Müşteri Memnuniyeti (G4). Dayanıklılık kriterleri ise şu şekildedir: Tedarikçinin Esnekliği (D1), Kapasite Tamponlarına Yatırım (D2), Cevap Verilebilirlik (D3) ve Krizler için Stratejik Stok Tutma Kapasitesi (D4).



Şekil 2. Dayanıklı Tedarikçi Seçimi için Oluşturulan Hiyerarşik Yapı

Değerlendirme ekibi üç kişiden olmak üzere 10 tedarikçiyi değerlendirmek için firmanın uzmanlarından oluşmaktadır. Kriterlerin önem düzeyini ve tedarikçilerin performansını değerlendirmek için oluşturulan değerlendirme ekibi, en az üç yıllık çalışma tecrübesine sahip üç uzmandan (bir üretim müdürü, bir satın alma ve lojistik müdürü ve bir endüstri mühendisinden) oluşturulmuştur. Bir sonraki adımda, uzmanlar kriterlere ait önem düzeylerini bulmak için BAHP yöntemini kullanarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturmuşlardır. Tüm uzmanlardan ağırlıklandırmaları ilgili kriterlere göre belirleyebilmek için iki ana kriter ve sekiz alt-kriterin ikili karşılaştırmasını tamamlamaları istenmiştir. İkili karşılaştırma matrisleri, Tablo 3'de sunulan üçgensel bulanık sayıları kullanarak gerçekleştirilmiştir. Örneğin, uzmanlar "geleneksel kriterleri (G)" "dayanıklılık kriterlerinden (D)" çok kuvvetli derecede önemli değerlendirebilir, böylece kararlarını "7" olarak işaretleyebilirler. Ana ve alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 5-7'de sunulmuştur. Daha sonra uzmanların değerlendirmeleri karşılık gelen bulanık sayılara dönüştürülmüştür ve uzmanların görüşleri geometrik ortalamalar alınarak birleştirilerek ana kriterler için Tablo 8'de gösterilmiştir. Benzer birleştirme işlemi alt kriterler için de uygulanmıştır. Tablo 8'de elde edilen değerler üç uzman görüşlerinin geometrik ortalaması alınarak elde edilmiştir. Örneğin \tilde{t}_{12} değeri:

$$\tilde{t}_{12} = [(1/7, 1/6, 1/5) \times (4, 5, 6) \times (1/4, 1/3, 1/2)]^{\frac{1}{3}}$$
$$\tilde{t}_{12} = (0.523, 0.652, 0.843)$$

olarak elde edilir.

Tablo 5. Karar Vericilerin Ana Kriterlere Ait İkili Karşılaştırması

	G	D
G	1, 1, 1	1/6, 5, 1/3
D	6, 1/5, 3	1, 1, 1

Tablo 6. Karar Vericilerin Geleneksel Alt Kriterlerine Ait İkili Karşılaştırması

	G1	G2	G3	G4
G1	1, 1, 1	8, 1/9, 8	5, 3, 9	4, 1/7, 8
G2		1, 1, 1	1/4, 7, 3	1/4, 2, 4
G3			1, 1, 1	1/2, 1/9, 2
G4				1, 1, 1

Tablo 7. Karar Vericilerin Dayanıklılık Alt Kriterlerine Ait İkili Karşılaştırması

	D1	D2	D3	D4
D1	1, 1, 1	5, 7, 1/2	1/3, 6, 6	7, 5, 4
D2		1, 1, 1	1/8, 1/2, 6	1/2, 1/7, 5
D3			1, 1, 1	9, 1/2, 1/3
D4				1, 1, 1

Tablo 8. Ana Kriterlere Ait Birleştirilmiş Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

	G	D
G	(1, 1, 1)	(0.523, 0.652, 0.843)
D	(1.186, 1.533, 1.913)	(1, 1, 1)

Daha sonra, Bölüm 3.1'de gösterildiği gibi kriterlerin ağırlıklarını elde etmek için Buckley (1985)'in geometrik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Uzmanların görüşleri birleştirildikten sonra birleştirilmiş karar matrisine Denklem (1) ve (2) adımları uygulanmış kriterlerin ağırlıkları hesaplanarak Tablo 9 ve 10'da açıklanmıştır. Ana kriterler için örnek hesaplamalar \tilde{z}_1 ve \tilde{w}_1 için yapılmış ve sonuçlar aşağıda verilmiştir. Bulanık kriter ağırlıkları (Tablo 9), kesin değerleri elde etmek için durulaştırılarak (d) aşağıda sunulmuştur. Son olarak elde edilen kesin değerler normalize edilerek Tablo 10'da belirtilmiştir. Daha sonra, ana kriter ağırlığının her bir alt kriterin yerel ağırlığıyla çarpımı ile alt kriterlerin küresel ağırlıkları elde edilmiştir (Tablo 10).

$$\tilde{z}_1 = (\tilde{a}_{11} \times \tilde{a}_{12})^{\frac{1}{2}}$$

$$\tilde{z}_1 = \left[(1 \times 0.523)^{\frac{1}{2}}, (1 \times 0.652)^{\frac{1}{2}}, (1 \times 0.843)^{\frac{1}{2}} \right]$$

$$\tilde{z}_1 = (0.723, 0.808, 0.9178)$$

$$\tilde{w}_1 = [\tilde{z}_1 \otimes (\tilde{z}_1 \oplus \tilde{z}_2)^{-1}]$$

$$\tilde{w}_1 = (0.314, 0.395, 0.507)$$

$$d = \frac{(0.314 + 0.395 + 0.507)}{3} = 0.405$$

Tablo 9. Ana ve Alt Kriterlere Ait Bulanık Ağırlıklar

Ana kriterler	Küresel ağırlıklar	Alt kriterler	Yerel ağırlıklar	Küresel ağırlıklar
G		G1	(0.337, 0.445, 0.578)	(0.106, 0.176, 0.293)
	(0.314, 0.395, 0.507)	G2	(0.162, 0.228, 0.314)	(0.051, 0.090, 0.159)
		G3	(0.075, 0.106, 0.154)	(0.024, 0.042, 0.078)
		G4	(0.153, 0.221, 0.329)	(0.048, 0.087, 0.167)
D		D1	(0.351, 0.509, 0.744)	(0.166, 0.308, 0.568)
	(0.473, 0.605, 0.763)	D2	(0.096, 0.144, 0.220)	(0.045, 0.087, 0.168)
		D3	(0.133, 0.197, 0.293)	(0.063, 0.119, 0.223)
		D4	(0.099, 0.151, 0.218)	(0.047, 0.091, 0.166)

Tablo 10. Ana ve Alt Kriterlere Ait Kesin Ağırlıklar

Ana kriterler	Küresel ağırlıklar	Alt kriterler	Yerel ağırlıklar	Küresel ağırlıklar
G		G1	0.438	0.174
	0.398	G2	0.227	0.090
		G3	0.108	0.043
		G4	0.226	0.090
D		D1	0.509	0.306
	0.602	D2	0.146	0.088
		D3	0.197	0.119
		D4	0.148	0.089

En iyi dayanıklı tedarikçiyi seçmek için, uzmanlar tedarikçilerin performanslarını Tablo 4'de sunulan dilsel değişkenleri kullanarak değerlendirmişlerdir. Tedarikçilerin değerlendirmelerinin sonuçları Tablo 11'de sunulmaktadır.

Tedarikçileri sıralamak ve girdi verilerini toplamak amacıyla, her bir potansiyel tedarikçinin her bir kritere karşı performansı hakkında görüş sağlamak üzere üç uzmanla görüşülmüştür. Uzmanlar tarafından toplanan görüşler dilsel terimlerle ifade edilmiş ve bunlar daha sonra üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür (dilsel terimler için Tablo 4'e bakınız). Tablo 11, uzman görüşlerinin sonuçlarını dilsel olarak göstermektedir. Bu bilgiler, Tablo 4 kullanılarak üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür Uzmanların görüşlerinin ortalaması alınarak elde edilen sonuçlar birleştirilmiş ve değerlendirmeler sonunda elde edilen birleştirilmiş bulanık karar matrisi Tablo 12'de sunulmuştur. Karar matrisi oluşturulduktan sonra normalize bulanık karar verme matrisi Denklem (7) ve (8) ile hesaplanmış ve Tablo 13'de sunulmuştur. BAHP yöntemi ile elde edilen kriter ağırlıklarının normalize bulanık karar matrisi ile çarpılması ile elde edilen

ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi ise Tablo 14'de gösterilmiştir. Son olarak, Denklem (11) - (13) kullanıldıktan sonra tedarikçilerin sıralaması elde edilmiştir. Tablo 15 sıralama sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 11. Uzmanlara Göre Tedarikçilerin Değerlendirmeleri

	G1	G2	G3	G4	D1	D2	D3	D4
T1	MP, F, G	F, G, G	P, F, MG	G, MG, F	F, G, F	F, F, VG	MP, MG, F	P, F, G
T2	VP, VP, MP	VP, P, P	P, P, VP	G, MP, MP	VP, F, MP	VP, MP, F	MP, P, MP	P, VP, MP
T3	MG, MG, G	MG, MG, G	G, VG, G	MG, G, VG	MG, G, VG	F, VG, F	F, MG, F	G, MG, F
T4	G, VG, VG	G, VG, G	MG, MG, MG	MG, G, MG	VG, VG, MG	VG, G, VG	G, MG, G	G, MG, G
T5	VP, MP, F	P, P, G	MP, P, MP	MP, F, P	F, F, MP	F, VP, F	MP, P, MP	P, MP, F
T6	VP, P, VP	P, P, VP	F, P, P	MP, VP, MP	MP, F, MP	P, F, P	VP, MP, F	MP, F, P
T7	MP, MP, MP	MP, MP, F	P, F, MP	P, F, MP	VP, P, G	F, P, F	F, MG, F	MP, MP, MP
T8	G, G, MG	VG, G, G	G, G, VG	VG, VG, G	VG, VG, VG	VG, VG, G	VG, G, VG	G, G, MG
T9	P, MP, F	P, MG, MP	F, F, MP	MP, F, G	MG, MP, G	MG, MP, F	F, MG, F	MP, F, MP
T10	F, F, MG	G, MG, MG	F, MG, F	MP, F, F	F, F, G	G, MG, VG	MG, G, G	MP, G, F

Tablo 12. Birleştirilmiş Bulanık Karar Matrisi

	G1	G2	G3	G4	D1	D2	D3	D4
T 1	(4.333, 5.5, 6.667)	(6, 7, 8)	(3.333, 4.5, 5.667)	(5.333, 6.5, 7.667)	(5, 6, 7)	(5.333, 6.333, 7.333)	(3.667, 5, 6.333)	(4, 5, 6)
T 2	(0.667, 1.833, 3)	(0.667, 1.667, 2.667)	(0.667, 1.667, 2.667)	(3.667, 5, 6.333)	(2, 3.167, 4.333)	(2, 3.167, 4.333)	(1.667, 3, 4.333)	(1, 2.167, 3.333)
T 3	(5.667, 7, 8.333)	(5.667, 7, 8.333)	(7.333, 8.333, 9.333)	(6.667, 7.833, 9)	(6.667, 7.833, 9)	(5.333, 6.333, 7.333)	(4.333, 5.5, 6.667)	(5.333, 6.5, 7.667)
T 4	(7.667, 8.667, 9.667)	(7.333, 8.333, 9.333)	(5, 6.5, 8)	(5.667, 7, 8.333)	(7, 8.167, 9.333)	(7.667, 8.667, 9.667)	(6.333, 7.5, 8.667)	(6.333, 7.5, 8.667)
T 5	(2, 3.167, 4.333)	(3, 4, 5)	(1.667, 3, 4.333)	(2.333, 3.5, 4.667)	(3.333, 4.5, 5.667)	(2.667, 3.667, 4.667)	(1.667, 3, 4.333)	(2.333, 3.5, 4.667)
T 6	(0.333, 1.333, 2.333)	(0.667, 1.667, 2.667)	(2, 3, 4)	(1.333, 2.667, 4)	(2.667, 4, 5.333)	(2, 3, 4)	(2, 3.167, 4.333)	(2.333, 3.5, 4.667)
T 7	(2, 3.5, 5)	(2.667, 4, 5.333)	(2.333, 3.5, 4.667)	(2.333, 3.5, 4.667)	(2.667, 3.667, 4.667)	(3, 4, 5)	(4.333, 5.5, 6.667)	(2, 3.5, 5)
T 8	(6.333, 7.5, 8.667)	(7.333, 8.333, 9.333)	(7.333, 8.333, 9.333)	(7.667, 8.667, 9.667)	(8, 9, 10)	(7.667, 8.667, 9.667)	(7.667, 8.667, 9.667)	(6.333, 7.5, 8.667)
T 9	(2.333, 3.5, 4.667)	(2.667, 4, 5.333)	(3.333, 4.5, 5.667)	(4.333, 5.5, 6.667)	(4.667, 6, 7.333)	(3.667, 5, 6.333)	(4.333, 5.5, 6.667)	(2.667, 4, 5.333)
T 10	(4.333, 5.5, 6.667)	(5.667, 7, 8.333)	(4.333, 5.5, 6.667)	(3.333, 4.5, 5.667)	(5, 6, 7)	(6.667, 7.833, 9)	(6.333, 7.5, 8.667)	(4.333, 5.5, 6.667)

Tablo 13. Normalize Bulanık Karar Matrisi

	G1	G2	G3	G4	D1	D2	D3	D4
T1	(0.100, 0.098, 0.097)	(0.122, 0.114, 0.109)	(0.075, 0.079, 0.081)	(0.106, 0.103, 0.100)	(0.091, 0.089, 0.088)	(0.099, 0.097, 0.095)	(0.073, 0.079, 0.083)	(0.093, 0.089, 0.087)
T2	(0.015, 0.033, 0.043)	(0.014, 0.027, 0.036)	(0.015, 0.029, 0.038)	(0.073, 0.079, 0.083)	(0.036, 0.047, 0.054)	(0.037, 0.048, 0.056)	(0.033, 0.048, 0.057)	(0.023, 0.039, 0.048)

T3	(0.131, 0.125, 0.121)	(0.116, 0.114, 0.113)	(0.164, 0.146, 0.134)	(0.132, 0.124, 0.118)	(0.121, 0.116, 0.113)	(0.099, 0.097, 0.095)	(0.087, 0.087, 0.088)	(0.124, 0.116, 0.111)
T4	(0.177, 0.154, 0.140)	(0.150, 0.136, 0.127)	(0.112, 0.114, 0.115)	(0.113, 0.111, 0.109)	(0.127, 0.121, 0.117)	(0.143, 0.133, 0.126)	(0.127, 0.119, 0.114)	(0.147, 0.134, 0.125)
T5	(0.046, 0.056, 0.063)	(0.061, 0.065, 0.068)	(0.037, 0.052, 0.062)	(0.046, 0.055, 0.061)	(0.061, 0.067, 0.071)	(0.050, 0.056, 0.061)	(0.033, 0.048, 0.057)	(0.054, 0.062, 0.067)
T6	(0.008, 0.024, 0.034)	(0.014, 0.027, 0.036)	(0.045, 0.052, 0.057)	(0.026, 0.042, 0.052)	(0.048, 0.059, 0.067)	(0.037, 0.046, 0.052)	(0.040, 0.050, 0.057)	(0.054, 0.062, 0.067)
T7	(0.046, 0.062, 0.072)	(0.054, 0.065, 0.072)	(0.052, 0.061, 0.067)	(0.046, 0.055, 0.061)	(0.048, 0.054, 0.059)	(0.056, 0.061, 0.065)	(0.087, 0.087, 0.088)	(0.047, 0.062, 0.072)
T8	(0.146, 0.134, 0.126)	(0.150, 0.136, 0.127)	(0.164, 0.146, 0.134)	(0.152, 0.137, 0.127)	(0.145, 0.134, 0.126)	(0.143, 0.133, 0.126)	(0.153, 0.138, 0.127)	(0.147, 0.134, 0.125)
T9	(0.054, 0.062, 0.068)	(0.054, 0.065, 0.072)	(0.075, 0.079, 0.081)	(0.086, 0.087, 0.087)	(0.085, 0.089, 0.092)	(0.068, 0.077, 0.082)	(0.087, 0.087, 0.088)	(0.062, 0.071, 0.077)
T10	(0.100, 0.098, 0.097)	(0.116, 0.114, 0.113)	(0.097, 0.096, 0.096)	(0.066, 0.071, 0.074)	(0.091, 0.089, 0.088)	(0.124, 0.120, 0.117)	(0.127, 0.119, 0.114)	(0.101, 0.098, 0.096)
İdeal Değerler	(0.177, 0.154, 0.140)	(0.150, 0.136, 0.127)	(0.164, 0.146, 0.134)	(0.152, 0.137, 0.127)	(0.145, 0.134, 0.126)	(0.143, 0.133, 0.126)	(0.153, 0.138, 0.127)	(0.147, 0.134, 0.125)

Tablo 14. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

	G1	G2	G3	G4	D1	D2	D3	D4
T1	(0.011, 0.017, 0.028)	(0.006, 0.010, 0.017)	(0.002, 0.003, 0.006)	(0.005, 0.009, 0.017)	(0.018, 0.032, 0.057)	(0.004, 0.008, 0.015)	(0.006, 0.012, 0.021)	(0.003, 0.007, 0.014)
T2	(0.002, 0.006, 0.013)	(0.001, 0.002, 0.006)	(0.000, 0.001, 0.003)	(0.004, 0.007, 0.014)	(0.012, 0.024, 0.047)	(0.002, 0.004, 0.009)	(0.002, 0.006, 0.013)	(0.002, 0.004, 0.009)
T3	(0.014, 0.022, 0.035)	(0.006, 0.010, 0.018)	(0.004, 0.006, 0.010)	(0.006, 0.011, 0.020)	(0.022, 0.038, 0.067)	(0.006, 0.010, 0.019)	(0.006, 0.012, 0.021)	(0.004, 0.008, 0.015)
T4	(0.019, 0.027, 0.041)	(0.008, 0.012, 0.020)	(0.003, 0.005, 0.009)	(0.005, 0.010, 0.018)	(0.019, 0.034, 0.062)	(0.006, 0.011, 0.020)	(0.009, 0.016, 0.028)	(0.006, 0.011, 0.019)
T5	(0.005, 0.010, 0.018)	(0.003, 0.006, 0.011)	(0.001, 0.002, 0.005)	(0.002, 0.005, 0.010)	(0.008, 0.017, 0.035)	(0.003, 0.006, 0.012)	(0.003, 0.007, 0.014)	(0.002, 0.004, 0.009)
T6	(0.001, 0.004, 0.010)	(0.001, 0.002, 0.006)	(0.001, 0.002, 0.004)	(0.001, 0.004, 0.009)	(0.004, 0.013, 0.030)	(0.002, 0.005, 0.011)	(0.002, 0.005, 0.012)	(0.002, 0.005, 0.009)
T7	(0.005, 0.011, 0.021)	(0.003, 0.006, 0.012)	(0.001, 0.003, 0.005)	(0.002, 0.005, 0.010)	(0.008, 0.017, 0.035)	(0.002, 0.005, 0.010)	(0.004, 0.007, 0.015)	(0.004, 0.008, 0.015)
T8	(0.015, 0.023, 0.037)	(0.008, 0.012, 0.020)	(0.004, 0.006, 0.010)	(0.007, 0.012, 0.021)	(0.025, 0.042, 0.072)	(0.007, 0.012, 0.021)	(0.009, 0.016, 0.028)	(0.007, 0.013, 0.021)

T9	(0.006, 0.011, 0.020)	(0.003, 0.006, 0.012)	(0.002, 0.003, 0.006)	(0.004, 0.008, 0.015)	(0.014, 0.027, 0.050)	(0.004, 0.008, 0.015)	(0.004, 0.009, 0.018)	(0.004, 0.008, 0.015)
T10	(0.011, 0.017, 0.028)	(0.006, 0.010, 0.018)	(0.002, 0.004, 0.007)	(0.003, 0.006, 0.012)	(0.011, 0.022, 0.042)	(0.004, 0.008, 0.015)	(0.008, 0.014, 0.026)	(0.006, 0.011, 0.019)
İdeal Değerler	(0.019, 0.027, 0.041)	(0.008, 0.012, 0.020)	(0.004, 0.006, 0.010)	(0.007, 0.012, 0.021)	(0.025, 0.042, 0.072)	(0.007, 0.012, 0.021)	(0.009, 0.016, 0.028)	(0.007, 0.013, 0.021)

Tablo 15. BARAS Yöntemi Sonuçları

	\tilde{S}_i	S_i	K_i	Sıralama
T1	(0.050, 0.089, 0.159)	0.099	0.709	4
T2	(0.020, 0.048, 0.100)	0.056	0.400	9
T3	(0.061, 0.106, 0.186)	0.118	0.841	3
T4	(0.068, 0.115, 0.199)	0.127	0.912	2
T5	(0.024, 0.052, 0.104)	0.060	0.428	8
T6	(0.013, 0.037, 0.082)	0.044	0.316	10
T7	(0.026, 0.056, 0.112)	0.065	0.463	7
T8	(0.075, 0.124, 0.210)	0.136	0.973	1
T9	(0.037, 0.072, 0.136)	0.081	0.582	6
T10	(0.048, 0.086, 0.156)	0.097	0.690	5

Tartışma ve Sonuçlar

Dayanıklılık kavramı salgın hastalıklar, doğal afetler ve ekonomik krizler gibi nedenlerle son zamanlarda araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Bu çalışmada, dayanıklı paradigması tedarikçi seçiminde dikkate alınarak yeni bir yaklaşım önerilmektedir. Tedarik zinciri yönetiminde yalın, yeşil ve sürdürülebilir gibi farklı paradigmalardan alındığı bilinmektedir. Ancak, tedarikçi aksaklıkları, tedarik zinciri akışlarını keserek tüm tedarik zincirinde büyük kayıplara neden olabilmektedir. Bu tür aksaklıklara yanıt verebilmek ve tedarik zincirinin performansını artırabilmek için dayanıklı tedarikçi seçimi dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada, dayanıklı tedarikçi seçim problemini analiz etmek için bulanık kümelerin kullanımına dayalı yeni bir yaklaşım tanıtılmıştır. Önerilen yaklaşımda, kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için BAHP yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, tedarikçileri değerlendirmek için BARAS yöntemi kullanılmıştır. Literatürde, BAHP ve BARAS yöntemlerini kullanarak dayanıklı tedarikçi seçimi konusunda herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Mevcut çalışmanın bu boşluğu doldurması planlanmaktadır.

Dayanıklı tedarikçi seçimi üzerine yapılan çalışmalarda, geleneksel ve dayanıklılık kriterlerinin çeşitli boyutları incelenmiştir. Tablo 6'ya göre en önemli boyut dayanıklılık (0.602) olarak belirlenmiştir. Mevcut çalışmanın bulguları, dayanıklılık boyutunda boyutta en önemli alt kriter olarak "Tedarikçinin esnekliği (0.509)" bulunduğunu, ardından "Cevap verilebilirlik (0.197)" olduğunu göstermektedir. "Kalite (0.438)" ve "Ürünün fiyatı (0.227)" geleneksel boyutu altında en önemli kriterler olarak sıralanmıştır.

Lee (2009) bulanık ortamda dayanıklı tedarikçi seçiminde maliyet boyutunu en önemli boyut olarak belirlerken, (Haldar vd., 2012) tampon kapasitesi kritik kriterler içerisinde ve tedarik zinciri karmaşıklığını dayanıklılık boyutu altında, (Pramanik vd., 2017) uyarlanabilir yeteneği en önemli alt kriterler olarak bulunmuştur. Mevcut çalışmada ise geleneksel boyut altında kalite dayanıklılık boyutu altında tedarikçinin esnekliği en önemli alt kriterler olarak bulunmuştur.

Bu çalışmanın belirli sınırlamaları vardır. Çalışmada, ele alınan faktörler değerlendirme ekibinin görüşleri ile daraltılmıştır. Kriter ve alt-kriterlerin önem düzeyini belirlemek için BAHP kullanılmıştır ve bu yöntemin esas girdisi uzman görüşleridir. Bu nedenle, değerlendirme süreci son derece dikkatli olmayı gerektirir. Ayrıca BAHP yönteminin ikili karşılaştırmalara dayalı olması uzmanları zorlayabilmektedir. Diğer bir sınırlama ise tek bir işletme üzerinden örnek olay çalışmasına dayanmaktadır. Bu nedenle sonuçlar işletmelere göre farklılık gösterebilir.

Gelecekteki çalışmalar için, mevcut çalışmanın sonuçlarını karşılaştırmak ve diğer ÇKKV yöntemlerinin uygulanabilirliğini belirlemek için VIKOR, WASPAS, ve COPRAS gibi diğer ÇKKV yöntemleri kullanılabilir. Karar verme sürecinde belirsizliği daha iyi ele alabilme için, bulanık kümelerin uzantıları olan aralık tip-2, Pisagor bulanık kümeler ve sezgisel bulanık kümeler gelecekteki çalışmalarda düşünülebilir.

KAYNAKÇA

ALAMI MERROUNI, A., ELWALI ELALAOUI, F., MEZRHAB, A., MEZRHAB, A., & GHENNIQUI, A. (2018). Large scale PV sites selection by combining GIS and Analytical Hierarchy Process. Case study: Eastern Morocco. *Renewable Energy*, 119, 863–873. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.10.044>

ARABAMERI, A., PRADHAN, B., POURGHASEMI, H. R., & REZAEI, K. (2018). Identification of erosion-prone areas using different multi-criteria decision-making techniques and GIS. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 9(1), 1129–1155. <https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1513084>

ARABAMERI, A., REZAEI, K., CERDÀ, A., CONOSCENTI, C., & KALANTARI, Z. (2019). A comparison of statistical methods and multi-criteria decision making to map flood hazard susceptibility in Northern Iran. *Science of the Total Environment*, 660, 443–458. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.021>

AWASTHI, A., GOVINDAN, K., & GOLD, S. (2018). Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach. *International Journal of Production Economics*, 195, 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.10.013>

AZADI, M., JAFARIAN, M., SAEN, R. F., & MIRHEDAYATIAN, S. M. (2015). A new fuzzy DEA model for evaluation of efficiency and effectiveness of suppliers in sustainable supply chain management context. *Computers and Operations Research*, 54, 274–285. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.03.002>

AZIMIFARD, A., MOOSAVIRAD, S. H., & ARIAFAR, S. (2018). Selecting sustainable supplier countries for Iran's steel industry at three levels by using AHP and TOPSIS methods. *Resources Policy*, 57, 30–44. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.01.002>

BALKI, M. K., ERDOĞAN, S., AYDIN, S., & SAYIN, C. (2020). The optimization of engine operating parameters via SWARA and ARAS hybrid method in a small SI engine using alternative fuels. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120685. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120685>

BANAEIAN, N., MOBLI, H., FAHIMNIA, B., NIELSEN, I. E., & OMID, M. (2018). Green supplier selection using fuzzy group decision making methods: A case study from the agri-food industry. *Computers & Operations Research*, 89, 337–347.

<https://doi.org/10.1016/J.COR.2016.02.015>

BRANDON-JONES, E., SQUIRE, B., AUTRY, C. W., & PETERSEN, K. J. (2014). A Contingent Resource-Based Perspective of Supply Chain Resilience and Robustness. *Journal of Supply Chain Management*, 50(3), 55–73. <https://doi.org/10.1111/jscm.12050>

BUCKLEY, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17(3), 233–247. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(85\)90090-9](https://doi.org/10.1016/0165-0114(85)90090-9)

BÜYÜKÖZKAN, G., & GÖÇER, F. (2018). An extension of ARAS methodology under Interval Valued Intuitionistic Fuzzy environment for Digital Supply Chain. *Applied Soft Computing Journal*, 69, 634–654. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.04.040>

ÇALIK, A. (2018). Bulanık Çok-Amaçlı Doğrusal Programlama ve Aralık Tip-2 Bulanık AHP Yöntemi ile Yeşil Tedarikçi Seçimi. İçinde *Selçuk Ün. Sos. Bil. Ens. Der* (C. 0). Tarihinde adresinden erişildi

<http://dergisosyalbil.selcuk.edu.tr/susbed/article/view/1380>

ÇALIK, A. (2020). A Comparative Perspective in Sustainable Supplier Selection by Integrated MCDM Techniques. *Sigma: Journal of Engineering & Natural Sciences/Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 38(2), 835–852.

ÇALIŞ BOYACI, A. (2020). Selection of eco-friendly cities in Turkey via a hybrid hesitant fuzzy decision making approach. *Applied Soft Computing Journal*, 89, 106090. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106090>

CHRISTOPHER, M., & PECK, H. (2004). Building the Resilient Supply Chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–14. <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>

DAVOUDABADI, R., MOUSAVI, S. M., & SHARIFI, E. (2020). An integrated weighting and ranking model based on entropy, DEA and PCA considering two aggregation approaches for resilient supplier selection problem. *Journal of Computational Science*, 40, 101074.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jocs.2019.101074>

DENIZHAN, B., & YALÇINER, A. Y. (2017). Analitik Hiyerarşi Proses ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemleri Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Seçimi Uygulaması. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 63–78.

<https://doi.org/10.17100/nevbittek.288003>

ECER, F. (2018a). An integrated fuzzy AHP and ARAS model to evaluate mobile banking services. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(2), 670–695. <https://doi.org/10.3846/20294913.2016.1255275>

ECER, F. (2018b). Third-party logistics (3PLs) provider selection via fuzzy AHP and EDAS integrated model. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(2), 615–634. <https://doi.org/10.3846/20294913.2016.1213207>

ERBAŞ, M., KABAK, M., ÖZCEYLAN, E., & ÇETINKAYA, C. (2018). Optimal siting of electric vehicle charging stations: A GIS-based fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis. *Energy*, 163, 1017–1031. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.140>

FATTAHI, R., & KHALILZADEH, M. (2018). Risk evaluation using a novel hybrid method based on FMEA, extended MULTIMOORA, and AHP methods under fuzzy environment. *Safety Science*, 102, 290–300. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.10.018>

FU, Y. K. (2019). An integrated approach to catering supplier selection using AHP-ARAS-MCGP methodology. *Journal of Air Transport Management*, 75, 164–169. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2019.01.011>

GAN, J., ZHONG, S., LIU, S., & YANG, D. (2019). Resilient Supplier Selection Based on Fuzzy BWM and Gmo-RTOPSIS under Supply Chain Environment. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2019, 2456260. <https://doi.org/10.1155/2019/2456260>

GHENAI, C., ALBAWAB, M., & BETTAYEB, M. (2020). Sustainability indicators for renewable energy systems using multi-criteria decision-making model and extended

SWARA/ARAS hybrid method. *Renewable Energy*, 146, 580–597.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.157>

GHIMIRE, L. P., & KIM, Y. (2018). An analysis on barriers to renewable energy development in the context of Nepal using AHP. *Renewable Energy*, 129, 446–456.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.011>

GOVINDAN, K., & SIVAKUMAR, R. (2016). 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), 243–276. <https://doi.org/10.1007/s10479-015-2004-4>

HALDAR, A., RAY, A., BANERJEE, D., & GHOSH, S. (2012). A hybrid MCDM model for resilient supplier selection. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 7(4), 284–292.

<https://doi.org/10.1080/17509653.2012.10671234>

HOSSEINI, S., & KHALED, A. Al. (2019). A Hybrid Ensemble and AHP Approach for Resilient Supplier Selection. *J. Intell. Manuf.*, 30(1), 207–228.

<https://doi.org/10.1007/s10845-016-1241-y>

IGHRAVWE, D. E., & OKE, S. A. (2019). A multi-criteria decision-making framework for selecting a suitable maintenance strategy for public buildings using sustainability criteria. *Journal of Building Engineering*, 24, 100753.

<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100753>

ILBAHAR, E., KARAŞAN, A., CEBİ, S., & KAHRAMAN, C. (2018). A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system. *Safety Science*, 103, 124–136.

<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.10.025>

IVANOV, D. (2018). New Drivers for Supply Chain Structural Dynamics and Resilience: Sustainability, Industry 4.0, Self-Adaptation BT - Structural Dynamics and Resilience in Supply Chain Risk Management. İçinde D. Ivanov (Ed.), *Structural Dynamics and Resilience in Supply Chain Risk Management* (ss. 293–313). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69305-7_10

JAIN, V., SANGAIAH, A. K., SAKHUJA, S., THODUKA, N., & AGGARWAL, R. (2018). Supplier selection using fuzzy AHP and TOPSIS: a case study in the Indian automotive industry. *Neural Computing and Applications*, 29(7), 555–564.

<https://doi.org/10.1007/s00521-016-2533-z>

KABAK, M., ERBAŞ, M., ÇETINKAYA, C., & ÖZCEYLAN, E. (2018). A GIS-based MCDM approach for the evaluation of bike-share stations. *Journal of Cleaner Production*, 201, 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.033>

KERŠULIENE, V., & TURSKIS, Z. (2011). Integrated fuzzy multiple criteria decision making model for architect selection. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(4), 645–666. <https://doi.org/10.3846/20294913.2011.635718>

KPMG Türkiye. (2020). *Covid-19'un Tedarik Zinciri Üzerindeki Etkilerini Yönetmek İçin Olası Stratejik Hamleler*. Tarihinde adresinden erişildi <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2020/03/covid-19-tedarik-zinciri.pdf>

KRAUSE, D. R., VACHON, S., & ROBERT D., K. (2009). Special Topic Forum on Sustainable Supply Chain Management: Introduction and Reflections on the Role of Purchasing Management. *Journal of Supply Chain Management*, 45(4), 18–25.

<https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2009.03173.x>

KÜÇÜK, O., & ECER, F. (2010). İmalatçı İşletmelerde Uygun Tedarikçi Seçimi: Analitik Hiyerarşi Yöntemi İle Bir Kobi Uygulaması. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(2), 435–450.

KUO, R. J., WANG, Y. C., & TIEN, F. C. (2010). Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production*,

18(12), 1161–1170. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2010.03.020>

LEE, A. H. I. (2009). A fuzzy supplier selection model with the consideration of benefits, opportunities, costs and risks. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 2879–2893. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.01.045>

LIN, H.-F. (2010). An application of fuzzy AHP for evaluating course website quality. *Computers & Education*, 54(4), 877–888. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2009.09.017>

LUTHRA, S., & MANGLA, S. K. (2018). Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 168–179. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.04.018>

LYU, H. M., SUN, W. J., SHEN, S. L., & ARULRAJAH, A. (2018). Flood risk assessment in metro systems of mega-cities using a GIS-based modeling approach. *Science of the Total Environment*, 626, 1012–1025. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.138>

MADENOĞLU, F. S. (2020). Personnel Selection By Using Fuzzy Hybrid Multi Criteria Decision Making Methodology. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(3), 953–962. <https://doi.org/10.18506/anemon.645838>

MATIĆ, B., JOVANOVIĆ, S., DAS, D. K., ZAVADSKAS, E. K., STEVIĆ, Ž., SREMAC, S., & MARINKOVIĆ, M. (2019). A New Hybrid MCDM Model: Sustainable Supplier Selection in a Construction Company. *Symmetry*, 11(3), 353. <https://doi.org/10.3390/sym11030353>

MAVI, R. K. (2015). Green supplier selection: A fuzzy AHP and fuzzy ARAS approach. *International Journal of Services and Operations Management*, 22(2), 165–188. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2015.071528>

MEDINECKIENE, M., ZAVADSKAS, E. K., BJÖRK, F., & TURSKIS, Z. (2015). Multi-criteria decision-making system for sustainable building assessment/certification. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 15(1), 11–18. <https://doi.org/10.1016/j.acme.2014.09.001>

MOHEB-ALIZADEH, H., MAHMOUDI, M., & BAGHERI, R. (2017). Supplier selection and order allocation using a stochastic multi-objective programming model and genetic algorithm. *International Journal of Integrated Supply Management*, 11(4), 291–315. <https://doi.org/10.1504/IJISM.2017.089849>

MOSTAFAEIPOUR, A., HOSSEINI DEHSHIRI, S. J., & HOSSEINI DEHSHIRI, S. S. (2020). Ranking locations for producing hydrogen using geothermal energy in Afghanistan. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(32), 15924–15940. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.04.079>

NAZARI, S., FALLAH, M., KAZEMIPOOR, H., & SALEHIPOUR, A. (2018). A fuzzy inference- fuzzy analytic hierarchy process-based clinical decision support system for diagnosis of heart diseases. *Expert Systems with Applications*, 95, 261–271. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.11.001>

ORUÇ, K. O. (2019). Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Aras Yöntemleri İle Polis Merkezi Kuruluş Yeri Seçimi: Isparta Örneği. İçinde *Suleyman Demirel University The Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences Y.2019* (C. 24). Tarihinde adresinden erişildi <https://orcid.org/0000-0002-0716->

ÖZTÜRK, M., & PAKSOY, T. (2020). Tedarikçi seçimi için yeni bir aralık tip-2 hibrit bulanık kural tabanlı AHP sistemi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(3), 1519–1535. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.494086>

PAMUÇAR, D., STEVIĆ, Ž., & ZAVADSKAS, E. K. (2018). Integration of interval rough AHP and interval rough MABAC methods for evaluating university web pages. *Applied Soft Computing Journal*, 67, 141–163. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.02.057>

PETROVIĆ, G., MIHAJLOVIĆ, J., ČOJBAŠIĆ, Ž., MADIĆ, M., & MARINKOVIĆ, D.

- (2019). Comparison of three fuzzy MCDM methods for solving the supplier selection problem. *Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering*, 17(3), 455–469. <https://doi.org/10.22190/FUME190420039P>
- PRAMANIK, D., HALDAR, A., MONDAL, S. C., NASKAR, S. K., & RAY, A. (2017). Resilient supplier selection using AHP-TOPSIS-QFD under a fuzzy environment. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 12(1), 45–54. <https://doi.org/10.1080/17509653.2015.1101719>
- PwC Türkiye. (2020). *COVID-19: Operasyonlar ve Tedarik Zinciri Etkisi*. Tarihinde adresinden erişildi <https://www.pwc.com.tr/tr/Hizmetlerimiz/danismanlik/tedarik-zinciri-yonetimi/covid-19-operasyonlar-ve-tedarik-zinciri-etkisi.pdf>
- RAJESH, R., & RAVI, V. (2015). Supplier selection in resilient supply chains: a grey relational analysis approach. *Journal of Cleaner Production*, 86, 343–359. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.054>
- REN, C., LI, Z., & ZHANG, H. (2019). Integrated multi-objective stochastic fuzzy programming and AHP method for agricultural water and land optimization allocation under multiple uncertainties. *Journal of Cleaner Production*, 210, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.348>
- SENNAROGLU, B., & VARLIK CELEBI, G. (2018). A military airport location selection by AHP integrated PROMETHEE and VIKOR methods. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 160–173. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.12.022>
- SIRISAWAT, P., & KIATCHAROENPOL, T. (2018). Fuzzy AHP-TOPSIS approaches to prioritizing solutions for reverse logistics barriers. *Computers and Industrial Engineering*, 117, 303–318. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.01.015>
- SOLANGI, Y. A., TAN, Q., MIRJAT, N. H., & ALI, S. (2019). Evaluating the strategies for sustainable energy planning in Pakistan: An integrated SWOT-AHP and Fuzzy-TOPSIS approach. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117655. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117655>
- ŠTREMIKIENE, D., ŠLIOGERIENE, J., & TURSKIS, Z. (2016). Multi-criteria analysis of electricity generation technologies in Lithuania. *Renewable Energy*, 85, 148–156. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.06.032>
- TIAN, G., ZHANG, H., FENG, Y., WANG, D., PENG, Y., & JIA, H. (2018, Ocak 1). Green decoration materials selection under interior environment characteristics: A grey-correlation based hybrid MCDM method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, C, 81, ss. 682–692. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.050>
- TORABI, S. A., BAGHERSAD, M., & MANSOURI, S. A. (2015). Resilient supplier selection and order allocation under operational and disruption risks. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 79, 22–48. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.03.005>
- TURSKIS, Z., & ZAVADSKAS, E. K. (2010). A new fuzzy additive ratio assessment method (ARAS-F). Case study: The analysis of fuzzy multiple criteria in order to select the logistic centers location. *Transport*, 25(4), 423–432. <https://doi.org/10.3846/transport.2010.52>
- VALIPOUR PARKOUHI, S., & SAFAEI GHADIKOLAEI, A. (2017). A resilience approach for supplier selection: Using Fuzzy Analytic Network Process and grey VIKOR techniques. *Journal of Cleaner Production*, 161, 431–451. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.04.175>
- VUGRIN, E. D., WARREN, D. E., & EHLEN, M. A. (2011). A resilience assessment framework for infrastructure and economic systems: Quantitative and qualitative resilience analysis of petrochemical supply chains to a hurricane. *Process Safety Progress*, 30(3), 280–290. <https://doi.org/10.1002/prs.10437>

WANG, B., SONG, J., REN, J., LI, K., DUAN, H., & WANG, X. (2019). Selecting sustainable energy conversion technologies for agricultural residues: A fuzzy AHP-VIKOR based prioritization from life cycle perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 142, 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.11.011>

ZAVADSKAS, E. K., TURSKIS, Z., & VILUTIENE, T. (2010). Multiple criteria analysis of foundation instalment alternatives by applying Additive Ratio Assessment (ARAS) method. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 10(3), 123–141. [https://doi.org/10.1016/S1644-9665\(12\)60141-1](https://doi.org/10.1016/S1644-9665(12)60141-1)

Summary

The impact of globalization on international markets brings risks as well as opportunities to companies of all sizes. A company that does business with inappropriate suppliers can expose it to fines, sanctions and loss of trust in consumers due to the fact that the performance of suppliers directly affects companies. Therefore, the supplier selection decision process is an important determinant of supply chain performance improvement. This process involves evaluating and selecting the best suppliers for the procurement requirement of companies and assigning order allocation to selected suppliers. The right supplier decision helps companies deliver the required amount of products at a reasonable price and on time. Multi factor should be taken into account in the evaluation of suppliers, and both qualitative and quantitative criteria can be effective in the selection of suppliers as a Multi Criteria Decision-Making (MCDM) problem. Although many MCDM methods are used with the importance of different paradigms to create the right decision models in supplier selection, there are very few studies that take into account the resiliency criteria in supplier selection. The concept of resiliency has become very important within the scope of supply chain management. Supply chain resiliency can be defined as the ability of a supply chain to return to normal operating performance in an acceptable time after disruption.

Today's global supply chains may face unexpected natural and man-made disasters such as earthquakes, floods, fires, epidemics and strikes. For example, natural disasters in Japan in March 2011 had a bad impact on Nissan's supply chain. The Iwaki and Tochigi factories were nearly destroyed, and all production operations were halted for almost days. However, despite this loss, Nissan was able to achieve positive growth and revenue in 2011 and its global sales increased by 17.1%. The biggest factors in Nissan 'success can be said to be changing parts supply and maintaining production assembly outside of Japan. Similarly, the impacts of the COVID-19 pandemic on supply chains have been great, and organizations have prepared short, medium and long term action plans.

In this study, a two-stage framework is presented with MCDM process for integrating Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) and Fuzzy Additive Ratio Assessment (FARAS) methods and selecting resilient suppliers. First, the weight of durable supplier selection criteria is determined using the FAHP method. In the second stage, FARAS methodology is applied in order to determine the most appropriate and ordered lists for candidate suppliers. Fuzzy set theory helps to minimize uncertainty in determining the decision-making problem, as it is difficult to obtain important findings using classical AHP and ARAS methods. Therefore, the fuzzy-based approach helps to estimate exact numerical values and to minimize errors made by experts during decision making. A company from the textile industry has been analysed to show the application of the proposed framework. The main goal is to rank the multiple suppliers the company works with according to traditional and resiliency criteria. Ten alternative suppliers are defined as T1, T2,..., T10. Four criteria have been defined as traditional selection criteria: Quality (G1), Price (G2), Delivery Time (G3) and Customer Satisfaction (G4). Resilience criteria are as follows: Supplier Flexibility (D1),

Investment in Capacity Buffers (D2), Responsiveness (D3) and Strategic Stock-Holding Capacity for Crises (D4). According to Table 6, the most important criteria was determined as resiliency (0.602). The findings of the present study show that the most important sub-criterion in the dimension of resiliency is "Supplier flexibility (0.509)" followed by "Responsiveness (0.197)". "Quality (0.438)" and "Price (0.227)" are listed as the most important criteria under the traditional dimension.