



Journal of Turkish Operations Management

Üçüncü parti lojistik firma seçiminde q seviyeli bulanık TOPSIS uygulaması

Adem Pınar

Kara Kuvvetleri Lojistik Komutanlığı, 06135, Gümüşdere, Ankara, Türkiye
e-mail: adempinar@yahoo.com, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-0471-7204>

Makale Girişi

Makale Geçmişi:

Geliş: 22.12.2020
Revize: 21.03.2021
Kabul: 31.03.2021

Anahtar Kelimeler

Çok kriterli karar verme,
Üçüncü parti lojistik firma seçimi,
q Seviyeli bulanık kümeler,
TOPSIS.

Özet

Küresel rekabet ortamında işletmeler kaliteyi artırmak ve maliyetleri düşürmek için temel uzmanlık alanları dışında kalan lojistik faaliyetler için en uygun üçüncü parti lojistik firmayı seçme durumundadır. Bu seçimi yapacak karar vericilerin çoğu gerçek hayattaki belirsizliği yansıtan bulanık küme temelli karar verme yöntemleri tercih etmektedir. Bu çalışmada, literatürde ilk defa q seviyeli bulanık küme temelli bir karar verme yaklaşımı üçüncü parti lojistik firma seçimi için önerilmektedir. Q-ROF TOPSIS metodu kullanılarak yapılan çalışmada 5 alternatif firma için 10 kriter ve bu kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, karar vericilerin notları birleştirilmiş ve alternatifler sıralanmıştır.

q-Rung orthopair fuzzy TOPSIS application for 3rd party logistics provider selection

Article Info

Article History:

Received: 22.12.2020
Revised: 21.03.2021
Accepted: 31.03.2021

Keywords

Multiple-criteria decision making methods,
Third party logistics provider selection,
q-Rung orthopair fuzzy sets,
TOPSIS

Abstract

In the global competitive environment, businesses have to choose the most suitable third-party logistics company for logistics activities that are outside their core competencies in order to increase quality and reduce costs. Most decision makers make this choice using fuzzy set-based decision-making methods that reflect the uncertainty of real life. In this study, for the first time in the literature, a q-rung orthopair fuzzy set-based decision-making approach is proposed for third-party logistics provider selection. In the study using the TOPSIS method, 10 criteria and the weights of these criteria were determined for 5 alternative companies, the evaluations of decision makers were aggregated, and the alternatives were ranked.

1. Giriş

İşletmelerin küresel rekabet koşullarında kalite ve hizmet hızını artırmak ve maliyetleri düşürmeleri için temel uzmanlık alanı dışındaki lojistik faaliyetlerini bu konularda uzmanlaşmış üçüncü parti lojistik (3PL) hizmet

sağlayıcılarına aktarmaları beraberinde lojistik maliyet tasarrufu, rekabet avantajı ve müşteri memnuniyetinde artışı getirmektedir.

"Lojistik dış kaynak kullanımı", "lojistik ortaklık", "üçüncü parti lojistiği", "sözleşme lojistiği" gibi terimler, daha önce gerçekleştirilmiş olan lojistik faaliyetlerin bir kısmının veya tümünün sözleşme-dışı bırakılmasına ilişkin örgütsel uygulamaları tanımlamak için birbirinin yerine kullanılsa da (Selviaridis & Spring, 2007) 3PL, yalnızca taşıma veya depolama işlevlerinden ziyade genellikle birden fazla entegre lojistik hizmetlerin sunulması olarak tanımlanmaktadır (Leahy vd., 1995). Çağdaş 3PL düzenlemeleri, lojistik hizmetlerin spot satın alımlarının aksine resmi kısa veya uzun vadeli sözleşmeli ilişkilere dayanmaktadır (Murphy & Poist, 1998).

1980'lerde ortaya çıkan 3PL konsepti 1990'lardan itibaren yeni bir iş alanı olarak kabul edilmiş ve 2000'li yıllarda da şirketlerin dış kaynak kullanımına eğilmesiyle birçok işletme tarafından kullanılmaya (Govindan vd., 2016). Özellikle lojistik dış kaynak kullanımının büyümesi, temel olarak maliyetleri düşürme, performansı artırma, ana işlerine odaklanma ve stratejik ittifaklar yoluyla sanal girişimler kurma açısından getirdiği faydalar nedeniyle tercih edilmektedir. ABD'deki Fortune 500 şirketlerinin yaklaşık % 60'ının en az bir 3PL sözleşmesine sahip olduklarını ve lojistik sağlayıcıları pazarının büyümeye devam ettiği görülmektedir (Aguzzoul, 2014).

Temel olarak, 3PL sağlayıcı firma, bir şirket veya kuruluş içinde gerçekleştirilen lojistik faaliyetleri yürütmek için ona profesyonel anlamda lojistik, nakliye, depolama ve dağıtım, envanter yönetimi ve çapraz sevkiyat gibi gerekli hizmetleri sağlayarak şirketin lojistik hizmetlerini kolaylaştırabilmektedir. Bu şekilde kurulan lojistik ortaklıkların temel avantajları, firmaların asli işlerine konsantre olmalarına, tedarik zinciri ortaklıkları geliştirmelerine, verimliliklerini artırmalarına ve lojistik maliyetlerini düşürmelerine olanak tanımaktadır (Govindan vd., 2016; H.-T. Liu & Wang, 2009).

3PL firma değerlendirme sürecinde şirket yöneticisi için; 3PL firmalarının hangi kriterler ışığında değerlendirileceği ve bu kriterlerin önceliklerinin ne olacağı hususları öne çıkmaktadır. En sık kullanılan kriterlerin maliyet, ikili ilişkiler, hizmet seviyesi, kalite, bilgi / ekipman sistemi, esneklik ve teslimat olduğu, bunların yanında profesyonellik, mali durum, konum ve itibarın da kullanıldığı belirtilmektedir (Aguzzoul, 2014). Özcan ve Ahiskali (2020) 3PL sağlayıcıları değerlendirmek için AHP ve TOPSIS metodlarını entegre ederek kriterleri belirlemiş ve sonrasında hedef programlama yaklaşımı ile alternatifleri değerlendirmiştir.

Literatür çalışmalarında da görüldüğü gibi, 3PL firma seçimi ile ilgili makalelerin çoğu, belirsiz faktörleri dikkate alarak 3PL sağlayıcıların değerlendirme sürecinde bulanık sayılarla desteklenen metodları kullanmıştır (Aguzzoul, 2014; Marasco, 2008). Günümüzde karar vericilerin çoğu algılarını kesin olmayan bilgiler kullanarak ifade ettiğinden (Pamucar vd., 2019), çok kriterli karar verme yöntemlerinde klasik kümelerin kesinlik içeren mevcut yaklaşımları yerine gerçek hayattaki belirsizliği daha iyi yansıtan ve ilk olarak Zadeh (1965) tarafından önerilen bulanık kümeler tercih edilmektedir. Bulanık metodlarla son dönemde yapılan çalışmalara bakacak olursak; Toray ve Arıkan (2015) Tip 2 bulanık sayılarla Delphi-TOPSIS entegre metodu ile performans değerlendirmesi modeli önermiş, Fan vd. (2020) MABAC metodu ve bulanık sayıları kullanarak 3PL sağlayıcı seçim modeli oluşturmuştur. Jovčić vd. (2020) yük taşıma problemi için 3PL sağlayıcı seçiminde resim bulanık ARAS yöntemi kullanmış ve metodunu dokuz resim bulanık metotla karşılaştırmıştır. Mishra vd. (2021) bulanık CRITIC-EDAS metodu ile sürdürülebilir ters 3PL sağlayıcı seçimi yapmış ve diğer çağdaş metodlarla kıyaslamıştır.

Bu çalışmada, 3PL firma seçimi yapmak isteyen bir otomotiv şirketinin yetkilileri ile yapılan görüşmede yukarıda ifade edilen hususlar ışığında 3PL firma değerlendirme kriterleri ve bu kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Bu veriler, Yager (2017) tarafından literatüre kazandırılan q seviyeli bulanık kümeler ile desteklenen q-ROF TOPSIS metodu (Pınar & Boran, 2020) kullanılarak en uygun 3PL firma seçilmiştir.

Çalışma gerçek verilerle yapılmıştır. Çalışmanın literatüre katkısı, nicel verilere sahip olunmayan durumlarda öznel değerlendirmeler ile özellikle belirsizlik durumlarında başarılı sonuçlar veren q seviyeli bulanık sayılar kullanılarak yapılan ilk 3PL firma seçimi çalışmasıdır. Bu çalışmanın ikinci bölümünde 3PL firma seçimi konusunda literatür taraması sunulmuş, üçüncü bölümünde q-ROF TOPSIS metodu açıklanarak 3PL firma seçimi uygulaması yapılmış ve son bölümde sonuç ve öneriler sunulmuştur.

2. Literatür taraması

Marasco (2008), 1989 ve 2006 yılları arasında 3PL firma seçimi konusunda yayınlanan 152 makaleyi içerik ve metodolojiye dayalı olarak sınıflandıran bir literatür taraması yapmıştır. Aguzzoul (2014) ise literatür çalışmasında, 3PL değerlendirme yöntemlerini çok kriterli karar verme (MCDM) teknikleri, istatistiksel yaklaşımlar, yapay zeka, matematiksel programlama ve hibrit yöntemler olarak beşe ayırmaktadır.

3PL firma seçimi konusunda birçok araştırmacı çalışma yapmıştır. Meade ve Sarkis (2002), üçüncü parti ters lojistik firma seçimi için bir ANP modeli önermiş, (Bottani & Rizzi, 2006) 3PL firma seçimi ve sıralanması için

bulanık bir TOPSIS yaklaşımı geliştirilmiş, (Min & Joo, 2006), 3PL firmalarının verimliliğini ölçmek ve kıyaslamak için, Zhou vd. (2008) ise Çin'deki önde gelen on adet 3PL firmasının rekabet edebilirliğini ölçmek için veri zarflama analizi (VZA) kullanmış, Göl ve Çatay (2007) bir Türk otomotiv şirketi için 3PL firma seçiminde AHP metodunu kullanmış, Jharkharia ve Shankar (2007) uygun 3PL firma seçimi için bir analitik ağ süreci (ANP) modeli geliştirmiştir.

Birçok araştırmacı birkaç metodu içeren entegre karar verme yöntemleri kullanmıştır. Büyüközkan vd. (2008) bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yaklaşımlarını kullanarak ilgili şirkete en uygun stratejik ortağını seçmek için hibrit bir model önermiş, Efendigil vd. (2008) tersine lojistik bağlamında 3PL firmasını seçmek için entegre bir bulanık AHP-YSA modeli önermiştir. H.-T. Liu ve Wang (2009), Tayvan'da 3PL firmasının değerlendirilmesi ve seçimi maksadıyla, önemli değerlendirme kriterlerini belirlemek için Delphi yöntemi, uygun olmayan 3PL firmalarını ortadan kaldırmak için bir çıkarım yöntemi ve son seçim için bir lineer programlama modeli olacak şekilde üç farklı teknikten oluşan entegre bir bulanık yaklaşım kullanmıştır. Li vd. (2012) 3PL firma performansını yönetim başarısı, iş gücü, hizmet kalitesi ve iş büyüme kriterleri açısından değerlendirmek için bulanık kümeler kullanmış, kapsamlı değerlendirme sonucunu maksimize eden doğrusal programlama yöntemi kullanarak Çin'deki bir klima üreticisinin ihtiyaç duyduğu 3PL firma seçimini yapmıştır.

Yayla vd. (2015) 3PL sağlayıcı değerlendirmesi için bulanık AHP ve bulanık TOPSIS'i birleştiren entegre bir model önermiş, Keshavarz Ghorabae vd. (2017) Kriterler Arası Korelasyon Açısından Kriterlerin Önemi (CRITIC) ve Bütünleşik Ağırlıklı Toplam ve Çarpım (WASPAS) metodlarını aralıklı tip 2 bulanık küme ile kullanarak 3PL firma değerlendirmesi yapmış, Ecer (2018) 3PL firma seçimi için bulanık AHP ve Ortalama Çözüm Uzaklığına Göre Değerlendirme (EDAS) metodlarını kullanmış, Pamucar vd. (2019) Best-Worst Yöntemi (BWM), WASPAS ve Çok Nitelikli Sınır Yaklaşım Alanı Kıyaslaması (MABAC) metodlarını bir arada kullanarak belirsizlik ortamında 3PL firma değerlendirmesi yapmıştır.

Literatürdeki 3PL firma seçimi çalışmalarında son dönemde belirsizlik ortamında karar vermeyi daha iyi modellediği görülen bulanık küme temelli çalışmalarda artış olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle çalışmamızda karar vericiye daha geniş karar verme alanı sağlayan q seviyeli bulanık küme temelli q-ROF TOPSIS metodu kullanılmıştır.

3. Üçüncü parti lojistik firma seçim uygulaması

3PL firma seçimi uygulaması için ağır araç parçaları üretip, 138 ülkeye yıllık 100 milyon doların üzerinde ihracat yapan bir otomotiv firması seçilmiştir. Şirket 24 farklı kategori altında yaklaşık 15 bin ürün çeşidi üretmenin yanı sıra alım-satımını yaparak piyasaya 30 bin çeşit ürün sunmaktadır. Literatürde, tedarikçi seçimi konusunda ilk defa Dickson (1966) tarafından 273 şirketle görüşerek ortaya atılan 23 tedarikçi seçim kriterinin de olduğu 30 kriter yapılan görüşmede otomotiv firmasına sunulmuştur. Söz konusu firma yetkilileri tarafından 3PL firma seçimi için kendilerine sunulan 30 kriter arasından aşağıdaki 10 kriter ağırlıklı ortalama metodu ile belirlenmiştir;

- X₁ - Kalite
- X₂ - Finansal Durum
- X₃ - Teslimat
- X₄ - Müşteri ile İletişim
- X₅ - Maliyetin Uygunluğu
- X₆ - Endüstrideki İtibarı ve Pozisyonu
- X₇ - Ürün Çeşitliliği
- X₈ - Prosedürlere Uyum
- X₉ - Karşılıklı Düzenlemelere Uyum
- X₁₀ - Üretim Tesislerinin Kapasitesi

3.1. Uygulamanın aşamaları

TOPSIS metodunda kullanılacak alternatifler kümesi $A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_m\}$, kriterler kümesi de $X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$ olsun. q-ROF TOPSIS metodunu öneren Pınar ve Boran (2020) yaptıkları parametre analizinde bu metodunun en iyi değerlerini q=3 ve p=1 olarak belirlediklerinden çalışmamızda aksi belirtilmeyen durumlarda q=3 ve p=1 olarak kabul edilmiştir. Q seviyeli bulanık TOPSIS metodunun aşamaları aşağıdaki şekildedir:

Aşama 1: Karar vericilerin ağırlıklarının belirlenmesi

Karar vericilerin değerlendirildikleri dilsel terimler q seviyeli bulanık sayılarla ifade edilirler. Mesela l adet karar vericiden k 'inci karar vericinin performansını değerlendirmek için $D_k = [\mu_k, v_k, \pi_k]$ q-ROF sayısı kullanılır.

Söz konusu karar vericiyi değerlendirmek için q-ROF sayısının skor fonksiyonu (Wang & Li, 2018; Wei vd., 2018) Eş.1'de belirtilen formül yardımıyla hesaplanır:

$$\lambda_k = \frac{(1 + \mu_k^q - v_k^q)}{\sum_{k=1}^l (1 + \mu_k^q - v_k^q)} \quad \text{ve} \quad \sum_{k=1}^l \lambda_k = 1 \quad (1)$$

Çok kriterli grup karar verme yaklaşımı ile uygulanan q-ROF TOPSIS metodunda ilgili şirket 3PL firma seçiminde puan vermesi için üç uzman personelini görevlendirmiş ve onların uzmanlık seviyelerini aşağıdaki dilsel değişkenlerle değerlendirmiştir. Söz konusu değişkenler Tablo 1 yardımıyla bu terimlere karşılık gelen q-ROF sayılara dönüştürülmüştür:

Tablo 1. Dilsel değişkenler

Dilsel Değişkenler	μ	v
Çok aşırı iyi (Aİ)	0,95	0,15
Çok iyi(Çİ)	0,85	0,25
İyi (İ)	0,75	0,35
Ortanın üzerinde (OÜ)	0,65	0,45
Orta seviyede (O)	0,55	0,55
Ortanın altında (OA)	0,45	0,65
Düşük (D)	0,35	0,75
Çok düşük (ÇD)	0,25	0,85
Aşırı derecede düşük (AD)	0,15	0,95

Tablo 2. Dilsel terimlerle yapılan 3PL firma değerlendirmesi

Kriter	3PL firma	KV1	KV2	KV3	Kriter	3PL firma	KV1	KV2	KV3
X ₁ -Kalite	A1	Aİ	Çİ	OÜ	X ₆ -Endüstrideki İtibarı ve Pozisyonu	A1	İ	Aİ	İ
	A2	Aİ	Aİ	İ		A2	Aİ	Aİ	Aİ
	A3	Çİ	Aİ	İ		A3	Çİ	Aİ	Çİ
	A4	İ	İ	İ		A4	Çİ	Aİ	Çİ
	A5	İ	İ	İ		A5	İ	Çİ	Çİ
X ₂ - Finansal Durum	A1	Aİ	Aİ	Çİ	X ₇ -Ürün Çeşitliliği	A1	Aİ	Aİ	Çİ
	A2	Aİ	Aİ	Aİ		A2	Aİ	Aİ	Aİ
	A3	OÜ	İ	İ		A3	Aİ	Aİ	Çİ
	A4	İ	Çİ	Çİ		A4	Çİ	Çİ	Çİ
	A5	İ	İ	İ		A5	İ	İ	OÜ
X ₃ -Teslimat	A1	İ	İ	İ	X ₈ -Prosedürlere Uyum	A1	Çİ	İ	Çİ
	A2	Çİ	İ	İ		A2	İ	Çİ	OÜ
	A3	OÜ	Çİ	İ		A3	Çİ	Çİ	Çİ
	A4	İ	İ	İ		A4	Çİ	Çİ	Çİ
	A5	Aİ	Çİ	İ		A5	Aİ	Çİ	Çİ
X ₄ -Müşteri ile İletişim	A1	Çİ	Aİ	Çİ	X ₉ -Karşılıklı Düzenlemelere Uyum	A1	Çİ	İ	Çİ
	A2	OÜ	İ	Aİ		A2	İ	İ	OÜ
	A3	İ	Çİ	Aİ		A3	Aİ	Çİ	Çİ
	A4	Aİ	Aİ	Aİ		A4	İ	İ	Çİ
	A5	Çİ	Aİ	Aİ		A5	Aİ	Çİ	Çİ
X ₅ -Maliyetin Uygunluğu	A1	OÜ	İ	OÜ	X ₁₀ - Üretim Tesislerinin Kapasitesi	A1	İ	İ	İ
	A2	İ	İ	Çİ		A2	Çİ	Çİ	Çİ
	A3	Aİ	Çİ	Çİ		A3	Aİ	Çİ	Çİ
	A4	Çİ	İ	Çİ		A4	Çİ	OÜ	İ
	A5	Çİ	İ	Çİ		A5	İ	İ	İ

Karar vericilerin (KV) uzmanlıkları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

KV_1 =çok iyi (0,85;0,25), KV_2 = iyi (0,75;0,35), KV_3 =ortanın üzerinde iyi (0,65;0,45)

Her bir karar vericiyi değerlendirmek için q-ROF sayısının skor fonksiyonu Eş.1 ile belirtilen formül yardımıyla aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$\lambda_{KV_1} = \frac{(1 + 0.85^3 - 0.25^3)/2}{(0.799 + 0.690 + 0.592)} = 0.384$$

$$\lambda_{KV_2} = \frac{(1 + 0.75^3 - 0.35^3)/2}{(0.799 + 0.690 + 0.592)} = 0.331$$

$$\lambda_{KV_3} = \frac{(1 + 0.65^3 - 0.45^3)/2}{(0.799 + 0.690 + 0.592)} = 0.285$$

Her bir KV tarafından dilsel terimlerle yapılan ve müteakiben Tablo 1 kullanılarak q-ROF sayı sistemine dönüştürülen söz konusu değerlendirmeler Tablo 2 ve Tablo3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. 3PL firma değerlendirmesinin q-ROF sayılara dönüştürülmesi (1.Kriter için örneklenmiştir)

Kriterler	3PL firma	KV1		KV2		KV3	
	KV Ağ.	0,384	0,384	0,331	0,331	0,285	0,285
X1	A1	0,95	0,15	0,85	0,25	0,65	0,45
	A2	0,95	0,15	0,95	0,15	0,75	0,35
	A3	0,85	0,25	0,95	0,15	0,75	0,35
	A4	0,75	0,35	0,75	0,35	0,75	0,35
	A5	0,75	0,35	0,75	0,35	0,75	0,35

Aşama 2. Karar vericilerin görüşleri ile normalleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması

$$q-ROFWA(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l) = \left\langle \left(1 - \prod_{k=1}^l (1 - \mu_k^q)^{\lambda_k} \right)^{1/q}, \prod_{k=1}^l v_k^{\lambda_k} \right\rangle \quad (2)$$

Söz konusu q-ROF sayıları ile önceki adımda bulunan KV ağırlıkları Eş.2 ile verilen q-ROFWA operatörü kullanılarak (P. D. Liu ve Wang, 2018) bu aşamada normalleştirilir. Normalleştirilmiş q-ROF karar matrisi aşağıdaki sunulmuştur:

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} X_1 & X_2 & X_3 & X_4 & X_5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} (0,882; 0,243; 0,670) & (0,933; 0,173; 0,569) & (0,750; 0,350; 0,812) & (0,897; 0,211; 0,645) & (0,689; 0,414; 0,844) \\ (0,924; 0,191; 0,590) & (0,950; 0,150; 0,518) & (0,796; 0,307; 0,775) & (0,832; 0,302; 0,734) & (0,786; 0,318; 0,784) \\ (0,883; 0,232; 0,668) & (0,717; 0,385; 0,831) & (0,765; 0,344; 0,799) & (0,871; 0,246; 0,687) & (0,903; 0,205; 0,634) \\ (0,750; 0,350; 0,812) & (0,819; 0,284; 0,753) & (0,750; 0,350; 0,812) & (0,950; 0,150; 0,518) & (0,824; 0,279; 0,748) \\ (0,750; 0,350; 0,812) & (0,750; 0,350; 0,812) & (0,890; 0,226; 0,657) & (0,925; 0,182; 0,587) & (0,824; 0,279; 0,748) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} X_6 & X_7 & X_8 & X_9 & X_{10} \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \\ A_5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} (0,860; 0,264; 0,701) & (0,933; 0,173; 0,569) & (0,824; 0,279; 0,748) & (0,824; 0,279; 0,748) & (0,750; 0,350; 0,812) \\ (0,950; 0,150; 0,518) & (0,950; 0,150; 0,518) & (0,772; 0,336; 0,794) & (0,726; 0,376; 0,826) & (0,850; 0,250; 0,718) \\ (0,897; 0,211; 0,645) & (0,932; 0,173; 0,569) & (0,850; 0,250; 0,718) & (0,903; 0,205; 0,634) & (0,903; 0,205; 0,634) \\ (0,897; 0,211; 0,645) & (0,850; 0,250; 0,718) & (0,850; 0,250; 0,718) & (0,786; 0,318; 0,784) & (0,775; 0,334; 0,792) \\ (0,819; 0,284; 0,753) & (0,726; 0,376; 0,826) & (0,903; 0,205; 0,634) & (0,903; 0,205; 0,634) & (0,750; 0,350; 0,812) \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Aşama 3. Değerlendirme kriterlerinin önem derecelerini belirleme

Değerlendirmede kullanılacak kriterlerin önem derecesini belirtmekte kullanılan ağırlık değerleri karar vericilerin dilsel değişkenler şeklinde alınan değerlendirmelerinin q-ROF sayılara çevrilmesi ve Eş.3'ün tatbik edilmesi neticesinde Tablo 4'teki gibi hesaplanır:

$$W = \frac{\sum_{k=1}^l \lambda_k (1 + \mu_k^q - v_k^q)}{\sum_{j=1}^n W_j \sum_{k=1}^l \lambda_k (1 + \mu_k^q - v_k^q)} \quad (3)$$

Burada, $W = [w_1 + w_2 + w_3, \dots, w_n]$, $w_j = (\mu_j, v_j, \pi_j)$ ve $j = 1, 2, 3, \dots, n$.

Tablo 4. Kriter ağırlıkları

Kriterler	Karar vericilerin değerlendirilmesi						Kriterin ağırlık değeri
	KV'nin ağırlığı	KV1		KV2		KV3	
Kalite	0,85	0,25	0,75	0,35	0,75	0,35	0,097
Finansal Durum	0,95	0,15	0,65	0,45	0,65	0,45	0,096
Teslimat	0,95	0,15	0,75	0,35	0,65	0,45	0,100
Müşteri ile İletişim	0,95	0,15	0,85	0,25	0,75	0,35	0,109
Maliyetin Uygunluğu	0,95	0,15	0,75	0,35	0,65	0,45	0,100
Endüstrideki İtibarı ve Pozisyonu	0,95	0,15	0,75	0,35	0,75	0,35	0,104
Ürün Çeşitliliği	0,95	0,15	0,85	0,25	0,75	0,35	0,109
Prosedürlere Uyum	0,85	0,25	0,75	0,35	0,65	0,45	0,094
Karşılıklı Düzenlemelere Uyum	0,85	0,25	0,75	0,35	0,65	0,45	0,094
Üretim tesisleri Kapasite	0,85	0,25	0,75	0,35	0,75	0,35	0,097

Aşama 4. Normalleştirilmiş ve ağırlıklandırılmış q-ROF karar matrisinin oluşturulması.

Hesaplanan ağırlık değerleri normalleştirilmiş q-ROF karar matrisiyle birleştirilir (Pınar ve Boran, 2020) ve sonucunda normalleştirilmiş ve ağırlıklandırılmış q-ROF karar matrisi elde edilir.

$r'_{ij} = (\mu'_{ij}, v'_{ij}, \pi'_{ij}) = (\mu_{A_{ij}}(x_j), v_{A_{ij}}(x_j), \pi_{A_{ij}}(x_j))$ Oluşturulan söz konusu matrisin bir elemanıdır ve burada $i = 1, 2, 3, \dots, m; j = 1, 2, 3, \dots, n$ şeklinde ifade edilir. Oluşturulan R' matrisi aşağıda sunulmuştur:

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
A_1	(0,474; 0,871; 0,615)	(0,529; 0,845; 0,629)	(0,377; 0,900; 0,601)	(0,507; 0,844; 0,645)	(0,339; 0,915; 0,579)
A_2	(0,519; 0,851; 0,625)	(0,554; 0,833; 0,630)	(0,408; 0,888; 0,613)	(0,447; 0,878; 0,616)	(0,401; 0,891; 0,610)
A_3	(0,475; 0,867; 0,621)	(0,351; 0,913; 0,582)	(0,387; 0,899; 0,600)	(0,480; 0,858; 0,635)	(0,500; 0,853; 0,633)
A_4	(0,373; 0,903; 0,597)	(0,419; 0,886; 0,613)	(0,377; 0,900; 0,601)	(0,576; 0,813; 0,647)	(0,429; 0,880; 0,621)
A_5	(0,373; 0,903; 0,597)	(0,371; 0,904; 0,594)	(0,486; 0,861; 0,626)	(0,539; 0,831; 0,646)	(0,429; 0,880; 0,621)
	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
A_1	(0,464; 0,871; 0,621)	(0,549; 0,827; 0,646)	(0,419; 0,887; 0,610)	(0,419; 0,887; 0,610)	(0,373; 0,903; 0,597)
A_2	(0,568; 0,821; 0,641)	(0,576; 0,814; 0,647)	(0,383; 0,903; 0,592)	(0,354; 0,912; 0,581)	(0,446; 0,874; 0,625)
A_3	(0,500; 0,851; 0,638)	(0,549; 0,827; 0,646)	(0,440; 0,878; 0,619)	(0,490; 0,862; 0,623)	(0,496; 0,857; 0,629)
A_4	(0,500; 0,851; 0,638)	(0,462; 0,860; 0,643)	(0,440; 0,878; 0,619)	(0,392; 0,898; 0,599)	(0,390; 0,899; 0,599)
A_5	(0,430; 0,878; 0,626)	(0,371; 0,899; 0,606)	(0,490; 0,862; 0,623)	(0,490; 0,862; 0,623)	(0,373; 0,903; 0,597)

Aşama 5-7. İdeal çözümlerin ve yakınlık değerlerinin bulunması:

Çalışmada maliyetin uygunluğu da dahil olmak üzere tüm kriterler kâr kriteri olarak hesaplanmıştır. Q-ROF TOPSIS yönteminde q-ROFPIS kârı maksimize ederken maliyeti minimize eder. q-ROFNIS kârı minimize ederken maliyeti maksimize eder. q-ROFPIS (A^*) ile q-ROFNIS (A^-) değerleri aşağıdaki şekilde bulunmuştur:

$$A^* = \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \\ X_8 \\ X_9 \\ X_{10} \end{matrix} \begin{bmatrix} (0,519; 0,851; 0,625) \\ (0,554; 0,834; 0,630) \\ (0,486; 0,862; 0,626) \\ (0,576; 0,813; 0,647) \\ (0,500; 0,853; 0,633) \\ (0,568; 0,821; 0,641) \\ (0,576; 0,814; 0,647) \\ (0,490; 0,862; 0,623) \\ (0,490; 0,862; 0,623) \\ (0,496; 0,857; 0,629) \end{bmatrix}$$

$$A^- = \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \\ X_8 \\ X_9 \\ X_{10} \end{matrix} \begin{bmatrix} (0,373; 0,903; 0,597) \\ (0,351; 0,913; 0,582) \\ (0,377; 0,900; 0,601) \\ (0,447; 0,878; 0,616) \\ (0,339; 0,915; 0,579) \\ (0,430; 0,878; 0,626) \\ (0,371; 0,899; 0,606) \\ (0,383; 0,903; 0,592) \\ (0,358; 0,912; 0,581) \\ (0,373; 0,903; 0,596) \end{bmatrix}$$

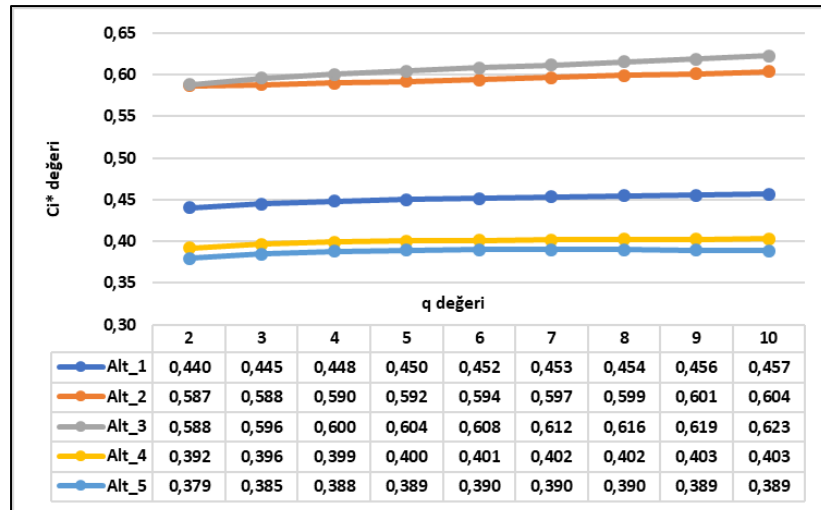
q-ROF sayıları ile ifade edilen alternatiflerin arasındaki ayırım ölçüleri Pınar ve Boran (2020) tarafından önerilen uzaklık ölçüsü yardımı ile hesaplanmıştır. Her bir alternatifin q-ROFPIS ve q-ROFNIS ideal çözümleriyle arasındaki mesafeyi belirten ve S_i^* ile S_i^- olarak ifade edilen ayırım ölçüleri ve ideal çözüme yakınlık olarak gösterilen C_i^* değeri hesaplanmış, hesaplanan değerler ve alternatiflerin sıralaması Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5. Yakınlık değerleri ve alternatiflerin sıralanması (q=3 için)

Alternatifler	S*	S ⁻	C _i *	Sıralama
Alternatif 1	0,046	0,037	0,445	3
Alternatif 2	0,034	0,049	0,588	2
Alternatif 3	0,034	0,050	0,596	1
Alternatif 4	0,050	0,033	0,396	4
Alternatif 5	0,051	0,032	0,385	5

Parametre Analizi

q-ROF TOPSIS metodu parametrik olması nedeniyle, q=(2-10) değerleri için sonuçlar hesaplanarak parametre analizi yapılmıştır (Şekil 1). q=2 de birbiri ile neredeyse aynı olan ilk iki sıradaki alternatif (Alt_2=0,587;Alt_3=0,588) q seviyesi arttıkça bu alternatiflerin puanlarının belirgin oranda farklılaştığı ve dolayısıyla bu metodun en önemli avantajlarından biri olan alternatifleri ayırt edicilik özelliğinin sonucunun ortaya çıktığı Şekil 1'de açıkça görülmektedir.



Şekil 1. Sonuçların parametre analizi

4. Sonuç ve öneriler

3PL firmaları, tüm sektörlerden şirketlere maliyetleri düşürmeye, temel farklılaştırma faaliyetlerine odaklanmaya ve sonuç olarak, tüm sektörlerden şirketlere hızlı ve çeşitli hizmetler sunmalarını sağladıkları için lojistik sektöründe küresel çapta artan bir öneme sahiptir. Bu çalışmada 3PL firma seçimi konusunda literatürdeki

çalışmalar incelendiğinde belirsizlik ortamında bulanık küme temelli karar verme yaklaşımlarının kullanımlarında son yıllarda artış görüldüğü tespit edilmiştir. Literatürde 3PL firma seçiminde birçok bulanık küme temelli karar verme yaklaşımı kullanılsa da q seviyeli bulanık küme temelli bir yöntemin kullanılmadığı görülmüş ve bu eksiği gidermek amacıyla q-ROF TOPSIS metodu ile bir otomotiv firması için kriterler seçilmiş, ağırlıklandırılmış ve en uygun 3PL firma seçimi yapılmıştır.

3PL firma seçimi için gerçek verilerin kullanıldığı çalışmada önerilen q-ROF TOPSIS metodu istikrarlı sonuçlar vermiştir. Sonuçların parametre analizi yapıldığında alternatifleri sıralamada q seviyesi q=2 den q=10'a doğru arttıkça alternatiflerin sıralamalarının değişmediği görülmektedir. q=2 için ilk iki sırada bulunan Alt2 ve Alt3'ün birbirlerine yakın değer aldıkları fakat q seviyesi arttıkça Alt3'ün bariz bir şekilde birinci olduğu, dolayısıyla da metodun parametrik özelliği kullanıldığında sonuçları ayırt edici özelliği ortaya çıkmaktadır.

Sonraki çalışmalarda q-ROF TOPSIS metodu 3PL firma seçiminde AHP, ELECTRE gibi diğer yöntemlerle entegre olarak kullanılabilir gibi tekil yöntem olarak 3. Parti tersine lojistik sağlayıcı firma seçiminde de kullanılabilir. Ayrıca diğer MCDM metotları (ELECTRE, VIKOR, PROMETHEE vb.) q-ROF kümelerle desteklenerek 3PL seçiminde kullanılabilir,

Teşekkür

Doç. Dr. Fatih Emre BORAN'a bu çalışmaya katkılarından dolayı teşekkürü borç bilirim.

Çıkar Çatışması

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Aguezzoul, A. (2014). Third-party logistics selection problem: A literature review on criteria and methods. *Omega*, 49, 69-78. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.05.009>
- Bottani, E., & Rizzi, A. (2006). A fuzzy TOPSIS methodology to support outsourcing of logistics services. *Supply Chain Management: An International Journal*. Doi: <https://doi.org/10.1108/13598540610671743>
- Büyüközkan, G., Feyzioğlu, O., & Nebol, E. (2008). Selection of the strategic alliance partner in logistics value chain. *International Journal of Production Economics*, 113(1), 148-158. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.01.016>
- Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of purchasing*, 2(1), 5-17. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.1966.tb00818.x>
- Ecer, F. (2018). Third-party logistics (3PLs) provider selection via Fuzzy AHP and EDAS integrated model. *Technological and Economic Development of Economy*, 24(2), 615-634. Doi: <https://doi.org/10.3846/20294913.2016.1213207>
- Efendigil, T., Önüt, S., & Kongar, E. (2008). A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness. *Computers & Industrial Engineering*, 54(2), 269-287. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.07.009>
- Fan, J., Guan, R., & Wu, M. (2020). Z-MABAC Method for the Selection of Third-Party Logistics Suppliers in Fuzzy Environment. *IEEE Access*, 8, 199111-199119. Doi: [10.1109/ACCESS.2020.3035025](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3035025)
- Govindan, K., Khodaverdi, R., & Vafadarnikjoo, A. (2016). A grey DEMATEL approach to develop third-party logistics provider selection criteria. *Industrial Management & Data Systems*. Doi: <https://doi.org/10.1108/IMDS-05-2015-0180>
- Göl, H., & Çatay, B. (2007). Third-party logistics provider selection: insights from a Turkish automotive company. *Supply Chain Management: An International Journal*. Doi: <https://doi.org/10.1108/13598540710826290>
- Jharkharia, S., & Shankar, R. (2007). Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach. *Omega*, 35(3), 274-289. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.06.005>

- Jovčić, S., Simić, V., Průša, P., & Dobrodolac, M. (2020). Picture fuzzy ARAS method for freight distribution concept selection. *Symmetry*, 12(7), 1062. Doi: <https://doi.org/10.3390/sym12071062>
- Keshavarz Ghorabae, M., Amiri, M., Kazimieras Zavadskas, E., & Antuchevičienė, J. (2017). Assessment of third-party logistics providers using a CRITIC–WASPAS approach with interval type-2 fuzzy sets. *Transport*, 32(1), 66-78. Doi: <https://doi.org/10.3846/16484142.2017.1282381>
- Leahy, S. E., Murphy, P. R., & Poist, R. F. (1995). Determinants of successful logistical relationships: a third-party provider perspective. *Transportation Journal*, 5-13. URL: <https://www.jstor.org/stable/20713268>
- Li, F., Li, L., Jin, C., Wang, R., Wang, H., & Yang, L. (2012). A 3PL supplier selection model based on fuzzy sets. *Computers & Operations Research*, 39(8), 1879-1884. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2011.06.022>
- Liu, H.-T., & Wang, W.-K. (2009). An integrated fuzzy approach for provider evaluation and selection in third-party logistics. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 4387-4398. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.05.030>
- Liu, P. D., & Wang, P. (2018). Some q-Rung Orthopair Fuzzy Aggregation Operators and their Applications to Multiple-Attribute Decision Making. *International Journal of Intelligent Systems*, 33(2), 259-280. doi: <https://doi.org/10.1002/int.21927>
- Marasco, A. (2008). Third-party logistics: A literature review. *International Journal of production economics*, 113(1), 127-147. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.05.017>
- Meade, L., & Sarkis, J. (2002). A conceptual model for selecting and evaluating third-party reverse logistics providers. *Supply Chain Management: An International Journal*. Doi: <https://doi.org/10.1108/13598540210447728>
- Min, H., & Joo, S. J. (2006). Benchmarking the operational efficiency of third party logistics providers using data envelopment analysis. *Supply chain management: An International journal*. Doi: <https://doi.org/10.1108/13598540610662167>
- Mishra, A. R., Rani, P., & Pandey, K. (2021). Fermatean fuzzy CRITIC-EDAS approach for the selection of sustainable third-party reverse logistics providers using improved generalized score function. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1-17. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12652-021-02902-w>
- Murphy, P. R., & Poist, R. F. (1998). Third-party logistics usage: an assessment of propositions based on previous research. *Transportation Journal*, 37(4), 26-35. Doi: <https://www.jstor.org/stable/20713362>
- Pamucar, D., Chatterjee, K., & Zavadskas, E. K. (2019). Assessment of third-party logistics provider using multi-criteria decision-making approach based on interval rough numbers. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 383-407. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.10.023>
- Pinar, A., & Boran, F. E. (2020). A q-rung orthopair fuzzy multi-criteria group decision making method for supplier selection based on a novel distance measure. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 11(8), 1749-1780. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13042-020-01070-1>
- Selviaridis, K., & Spring, M. (2007). Third party logistics: a literature review and research agenda. *The international journal of logistics management*. Doi: <https://doi.org/10.1108/09574090710748207>
- Torağay, O., & Arıkan, M. (2015). Performance Evaluation of Faculty Departments by a Delphi Method Based on 2-Tuple fuzzy Linguistic Representation Model and TOPSIS. *International Journal of Basic & Applied Sciences*, 15, 1-10. URL: http://ijens.org/Vol_15_I_06/150205-7373-IJBAS-IJENS.pdf
- Wang, R., & Li, Y. (2018). A Novel Approach for Green Supplier Selection under a q-Rung Orthopair Fuzzy Environment. *Symmetry*, 10(12), 687. doi: <https://doi.org/10.3390/sym10120687>
- Wei, G., Gao, H., & Wei, Y. (2018). Some q-rung orthopair fuzzy Heronian mean operators in multiple attribute decision making. *International Journal of Intelligent Systems*, 33(7), 1426-1458. doi: <https://doi.org/10.1002/int.21985>

Yager, R. R. (2017). Generalized Orthopair Fuzzy Sets. *Ieee Transactions on Fuzzy Systems*, 25(5), 1222-1230. doi: [10.1109/TFUZZ.2016.2604005](https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2016.2604005)

Yayla, A. Y., Oztekin, A., Gumus, A. T., & Gunasekaran, A. (2015). A hybrid data analytic methodology for 3PL transportation provider evaluation using fuzzy multi-criteria decision making. *International Journal of Production Research*, 53(20), 6097-6113. Doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1022266>

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information control*, 8(3), 338-353. Doi:[https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)

Zhou, G., Min, H., Xu, C., & Cao, Z. (2008). Evaluating the comparative efficiency of Chinese third-party logistics providers using data envelopment analysis. *International Journal of physical distribution & logistics management*. Doi: <https://doi.org/10.1108/09600030810875373>