

## Gri Entropi, FUCOM ve EDAS-M Yöntemleriyle Türk Lojistik Firmalarının Çok Kriterli Performans Analizi

### A Multi-Criteria Performance Analysis of Turkish Logistics Firms Using Grey Entropy, FUCOM and EDAS-M Methods

Özcan IŞIK, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Türkiye, ozcan@live.com

Orcid No: 0000-0003-2230-8738

*Öz: Bu çalışmada amaç Fortune 500 Turkey listesine giren lojistik firmaların performans değerlendirmesini ele almaktır. Bu amaçla Gri Entropi, FUCOM ve EDAS-M yöntemlerini birleştiren yeni bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yaklaşımı önerilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında kriterlere ilişkin objektif ağırlıklar Gri Entropi ile hesaplanmış ardından subjektif ağırlıklar ise FUCOM ile elde edilmiştir. Her iki ağırlık belirleme yönteminin kendilerine ait avantaj ve dezavantajları olmasından dolayı, bu çalışmada bu iki ağırlık belirleme yöntemi birleştirilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise lojistik firmaların performansı EDAS-M yöntemine göre belirlenip sıralanmıştır. Birleştirilmiş ağırlıklandırma yönteminden elde edilen bulgular göstermektedir ki en önemli üç performans kriteri sırasıyla ihracat miktarı, çalışan sayısı ve net satışlardır. Ayrıca, EDAS-M yöntemi ile ulaşılan sonuçlara göre, seçilen performans göstergeleri açısından en başarılı firma Ekol lojistik firmasıdır. Bu çalışmada önerilen hibrid modelden elde edilen bulgular, günümüzün artan rekabet koşulları altında sahip olduğu kaynaklarını optimal şekilde kullanmak zorunda olan lojistik firmalarının tüm paydaşları için büyük önem taşımaktadır.*

*Anahtar Sözcükler: Gri Entropi, FUCOM, EDAS-M, Lojistik, Performans Analizi*

*JEL Sınıflandırması: M10, C00, C02*

*Abstract: The purpose of this study is to consider the performance evaluation of logistics companies that are included in the Fortune 500 Turkey list. For this purpose, a new Multi-Criteria Decision Making (MCDM) approach, combining the Gray Entropy, FUCOM and EDAS-M methods has been proposed. In the first stage of the study, objective weights related to the criteria are calculated with Gray Entropy, and then subjective weights are obtained with FUCOM. Since both weight determination methods have their own advantages and disadvantages, these two weight determination methods are combined in this study. In the second stage of the study, the performance of logistics companies is determined and ranked according to the EDAS-M method. The findings from the combined weighting method show that the three most important performance criteria are export volume, number of employees and net sales, respectively. In addition, based on the results achieved with the EDAS-M method, Ekol logistics is the most successful firm with regard to the selected performance indicators. The findings obtained from the hybrid model proposed in this study are of great importance for all stakeholders of logistics companies that have to use their resources in the optimal way under today's increasing competitive conditions.*

*Keywords: Grey Entropy, FUCOM, EDAS-M, Logistics, Performance Analysis*

*JEL Classification: M10, C00, C02*

## 1. Giriş

Küreselleşme, teknolojik gelişmeler ve artan dış ticaret faaliyetleri lojistik sektörüne stratejik olarak önemli bir statü kazandırmıştır. Eskiden sadece taşımacılık faaliyetleri lojistik firmaların

### Makale Geçmişi / Article History

Başvuru Tarihi / Date of Application : 19 Mayıs / May 2021

Kabul Tarihi / Acceptance Date : 1 Nisan / February 2022

© 2022 Journal of Yaşar University. Published by Yaşar University. Journal of Yaşar University is an open access journal.

ilgi odağıyken; günümüzde lojistiğin farklı faaliyetleri yerine getirme fonksiyonu herkes tarafından kabul edilmektedir.

Tedarik zincirinin ana parçası konumunda olan lojistik, tüm tedarik zincirinin verimliliği ve maliyeti üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Li vd., 2012). Lojistik sektörü, yük taşımacılığı, envanter yönetimi ve depolama gibi farklı faaliyetleri içeren ekonomik büyümenin önemli bir anahtarıdır (Mariano vd., 2017). Gelişmiş ve etkin bir lojistik sektörü bir taraftan sektördeki firmaların küresel düzeyde rekabet gücü kazanmasına diğer taraftan da ülke ekonomisinin kalkınmasına ve gelişmesine önemli katkılar sağlar.

Günümüzde mevcut ve potansiyel müşteriler için değer yaratmak, kaynakları doğru kullanabilmek ve verimliliği artırabilmek açısından lojistik yönetim anlayışı güvenilir bir araçtır. Lojistik yönetimi firmaların önemli bir operasyonu olup farklı sektörlerde tedarik zincirlerinin entegrasyonunda önemli bir role sahiptir (Ghorabae vd., 2017). Küresel düzeyde rekabetin hızla arttığı bir ortamda lojistik ve tedarik zinciri yönetimi konularının tüm firmaların faaliyetleriyle yakından ilgili olduğu ve bu süreçlerin bir taraftan maliyetler diğer taraftan da müşteri memnuniyeti üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğu göz ardı edilmemelidir (Karbassi Yazdi vd. 2018). Günümüz yoğun rekabet ortamında, lojistik faaliyetlerin gerek çeşitliliği gerekse de maliyeti lojistik hizmetlerin yerine getirmesi noktasında birçok firmanın lojistik firmalarla çalışmasını zorunlu kılmaktadır (Ulutaş, 2019).

Avrupa ile Orta Doğu ve Asya arasında köprü kuran Türkiye'nin stratejik konumu, Türkiye'yi lojistik merkezi haline getirmektedir. Lojistik konusunda, Türkiye coğrafi konumuna rağmen, 2018 yılında Lojistik Performans Endeksi'nde 47. sırada yer almaktadır. 2019 yılında lojistik sektörünün küresel büyüklüğünün 5 milyar ABD Doları'nı aştığı, sektör olarak zorlu bir yılı geride bırakılmasına rağmen Türk lojistik sektörünün GSYH içerisindeki payının %11-13 arası olduğu bilinmektedir (Utikad Lojistik Sektörü Raporu, 2019). Bu oran içindeki %50'lik payın direkt lojistik hizmet sağlayan şirketlerin faaliyetlerinden kaynaklanmakta olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, uluslararası ticarete daha rekabetçi bir pozisyonda yer alabilmek için lojistik hizmet sağlayıcı firmaların performanslarını ele alan çalışmalara ihtiyaç vardır. Bununla beraber, her ekonomi açısından büyük önem taşıyan lojistik sektörüne yönelik performans değerlendirmeleri, araştırmalar ve uygulamalar sadece araştırmacılardan değil aynı zamanda da uygulayıcılardan da sınırlı bir ilgi görmüştür (Rajesh vd., 2012).

Bu çalışmada, 2018 yılı itibariyle Fortune 500 Türkiye listesine giren ve lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmaların performans ölçümü yeni bir ÇKKV yaklaşımı ile araştırılmıştır. Çalışmanın aşağıdaki boşlukları doldurarak önceki literatüre katkı sağlayacağı ifade edilebilir:

- Lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmalar açısından performans kriterlerinin önem düzeyini belirleme

- Objektif (Gri Entropi) ve sübjektif (FUCOM) ağırlık belirleme yöntemlerinin birleştirilmesi ile yeni bir ağırlıklandırma sistemi geliştirilme

- Performans değerlendirmede Gri Entropi-FUCOM- EDAS-M yöntemlerini içeren yeni bir karar verme modelini önerme

- Firma başarısının değerlendirilmesinde ÇKKV yöntemlerinin kullanılmasıyla karar verici mekanizmalara katkı sağlama

Çalışma şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümünde araştırma konusuna ilişkin önceki literatürde yapılmış çalışmalara yer verilmiştir. Sonraki bölümde çalışmanın amacına ulaşmak için kullanılan ÇKKV prosedürleri ve veri seti açıklanmıştır. Dördüncü bölümde ise performans değerlendirme için önerilen hibrid modelinin bulguları rapor edilmiştir. Son bölüm sonuç, sınırlılıklar ve önerilere ayrılmıştır.

## 2. Literatür İncelemesi

Literatürde lojistik alanında ÇKKV yöntemleri kullanılarak yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar genel olarak üç grupta özetlenebilir: (1) lojistik firmaların performansını konu alan çalışmalar, (2) ülkelerin lojistik performansını konu alan çalışmalar ve (3) lojistik alanında yapılan diğer çalışmalar.

Firma düzeyinde yapılan çalışmaların bazıları aşağıdaki gibi özetlenebilir. Zhou vd. (2008) çalışmalarında Çin'de faaliyet gösteren 10 üçüncü parti lojistik (3PL) firmasının operasyonel performansını DEA yöntemi yardımıyla kıyaslamışlardır. Percin (2009), Türkiye'de otomobil güvenlik ürünleri üretiminde sektör lideri olan bir firma için 5 alternatif arasından en iyi 3PL sağlayıcısını belirlemek amacıyla AHP ve TOPSIS yöntemlerini içeren hibrit bir ÇKKV modeli geliştirmiştir. Fransa'da çeşitli sektörlerde faaliyet gösteren firmalar için ELECTRE-I yöntemini kullanan Aguezzoul ve Pires (2016) 13 alternatif arasından en iyi 3PL firmasını belirlemeye çalışmışlardır. Keshavarz Ghorabae vd. (2017) çalışmalarında 8 alternatife ilişkin 7 performans kriteri çerçevesinde en iyi 3PL sağlayıcısını belirlemek amacıyla aralıklı tip-2 bulanık tabanlı CRITIC-WASPAS modelini önermişlerdir. Ecer (2018), Türkiye'de bulunan bir mermer ocağı için dört alternatif arasında en uygun 3PL sağlayıcısını seçmek için Bulanık AHP ve EDAS yöntemlerine dayanan hibrit bir ÇKKV model önermiştir. Karbassi Yazdi vd. (2018) çalışmalarında İran ekonomisinin önemli sektörlerinden biri olan otomobil sektöründe en uygun 3PL sağlayıcısını seçmek için Entropi ve EAMR yöntemlerinden oluşan bütünleşik bir model önermişlerdir. Bulanık AHP ile bulanık TOPSIS tekniklerini entegre eden Singh vd. (2018) Hindistan'da bir gıda üretim firması için üç alternatif arasından en uygun 3PL sağlayıcısını

belirlemeye çalışmışlardır. Baki (2021) çalışmasında BWM ve bulanık TODIM tekniklerini kullanarak dört farklı boyutta belirlenen 24 değerlendirme kriterleri çerçevesinde Türkiye'deki bir otomobil firması için alternatif 5 tedarikçiyi değerlendirmiştir. Ayrıca, Buyukozkan ve Gocer (2016) çalışmalarında dört değerlendirme faktörü açısından bir hastane için alternatif dört tıbbi atık lojistik firmasının seçiminde AHP tabanlı TOPSIS metodolojisini önermişlerdir. Yukarıda özetlenen çalışmalara ilaveten, literatürde farklı yıllarda Fortune 500 Turkey listesinde yer alan ve lojistik hizmeti sağlayan firmaların performansının analiz edilmesine odaklanan bazı çalışmalar da mevcuttur. Örneğin, Çakır ve Perçin (2013) çalışmalarında CRITIC-TOPSIS ve CRITIC-VIKOR modelleri kullanarak 10 lojistik firmasının seçilen altı kriter açısından performans ölçümünü gerçekleştirmişlerdir. SWARA, COPRAS, Gri İlişki Analizi ve TOPSIS yöntemlerinin bir arada bütünleşik olarak kullanıldığı diğer bir çalışmada ise Özbek (2018) lojistik hizmet sunan 8 firmayı 8 kriter açısından değerlendirmiştir. Ayrıca, Ulutaş (2019) 7 lojistik firmasının 8 kritere göre performans değerlendirmesinde Entropi-EDAS bütünleşik modelini önermiştir. Bu çalışmalara ilaveten, Işık (2020) çalışmasında Reysaş lojistik firmasının 2011-2019 dönemindeki performansını SD-SWARA-OCRA yöntemlerini kullanarak analiz etmiştir. Özbek ve Engür (2018) çalışmalarında EDAS tekniği vasıtasıyla 11 değerlendirme kriterine dayalı olarak Fortune 500'de listelenen 7 lojistik firmasının web sitesi performansını sıralamışlardır.

Yukarıda bahsedilen çalışmalara ilaveten son yıllarda ülke düzeyinde lojistik performans değerlendirmesi de birçok araştırmacı ve akademisyen için ilgi odağı haline gelmiştir. Bu alandaki güncel çalışmaların bazıları aşağıdaki gibi özetlenmiştir. Ulutaş ve Karaköy (2019) çalışmalarında CRITIC, SWARA ve PIV yöntemlerini kapsayan bütünleşik bir model çerçevesinde Avrupa Birliği (AB) ülkelerinin lojistik performansını karşılaştırmışlardır. AB ülkelerini konu alan bir diğer çalışmada ise Orhan (2019) lojistik performans değerlendirmesinde Entropi Ağırlıklı EDAS modelini önermiştir. Bu çalışmalara ilaveten, Mercangöz vd. (2020) 28 AB ve 5 AB aday ülkesinden oluşan bir örnekleme bulanık AHP temelli COPRAS-G modelini uygulayarak lojistik performans karşılaştırması yapmışlardır. Yıldırım ve Mercangoz (2020) çalışmalarında bulanık AHP temelli ARAS-G karar verme modeli ile OECD üyesi ülkelerin lojistik performansını değerlendirmişlerdir. OECD ülkelerinin lojistik performansını analiz eden diğer çalışmalarda ise Candan (2019) bulanık AHP tabanlı Gri İlişki Analiz modelini uygularken, Kısa ve Ayçin (2019) ise SWARA tabanlı EDAS modelini kullanmışlardır. Bu çalışmaların dışında Oğuz vd. (2019) çalışmalarında 7 Asya ülkesini lojistik performans açısından sıralamak amacıyla Ortalama Ağırlıklandırma ve TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Ayrıca, Senir (2021) çalışmasında 2018 yılında Türkiye ve 20 AB ülkelerinin yerel lojistik performansını değerlendirmiştir. Çalışmada belirlenen 17

kriterin ağırlıklarının belirlenmesinde CRITIC prosedürü kullanılırken ülkelerin sıralanmasında ise COPRAS prosedürü kullanılmıştır. Singh vd. (2022) çalışmalarında Kuzey Amerika'daki 21 lider 3PL hizmet sağlayıcısının operasyonel, finansal ve birleştirilmiş performansını değerlendirmek için CRITIC-MOORA-COPRA tabanlı bir metodoloji önermişlerdir.

ÇKKV teknikleri ile firma ve ülke düzeyinde gerçekleştirilen çalışmaların dışında yapılan diğer çalışmalarda şu şekilde özetlenebilir. Yıldırım ve Önder (2014) çalışmalarında AHP-PROMETHEE modeli ile İstanbul'daki 6 alternatif lojistik köy merkezi arasından Silivri'nin en uygun alternatif olduğunu belirlemişlerdir. Türkiye'de en uygun lojistik köy merkezinin belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise Zolfani vd. (2021) IMF-SWARA tekniği ve F-MABAC yönteminden oluşan hibrit bir bulanık ÇKKV modeli önermişlerdir. Ayrıca, Özceylan vd. (2016) 3 boyutta 16 göstereyi dikkate alarak Türkiye'deki 81 şehrin lojistik performans değerlendirmesi için coğrafi bilgi sistemine dayalı çok kriterli bir karar analizi yaklaşımı önermişlerdir. Çalışmada iller AHP, ANP, AHP-TOPSIS, ANP-TOPSIS ve eşit ağırlıklandırmaya dayalı TOPSIS prosedürleri ile değerlendirmişlerdir. Bu çalışmalara ilaveten, Nong ve Ha (2021) ise çalışmalarında AHP tabanlı TOPSIS prosedürünü kullanarak bir lojistik firması için personel seçme modeli önermişlerdir.

### 3. Önerilen Yöntem

Bu bölümde performans analizinde önerilen hibrid modeli oluşturan Gri Entropi, FUCOM ve EDAS-M yöntemleri teorik olarak tanıtılmış ve uygulama adımları açıklanmıştır.

#### 3.1. Gri Entropi Yöntemi

Herhangi bir karar verme problemine ilişkin olarak seçilen performans kriterlerinin her biri içerdiği bilgi miktarı açısından belli bir ağırlığa sahiptir. Literatürde söz konusu kriter ağırlıklarının objektif olarak datadan, subjektif olarak uzman görüşlerinden ve her iki yöntemin birleşiminden olmak üzere üç şekilde hesaplanmaktadır. Objektif ağırlıklandırma yöntemlerinden biri olan Gri Entropi yönteminde performans kriterlerinin önem ağırlıklarının hesaplanması için izlenen adımlar aşağıdaki gibidir (Shuai ve Wu, 2011:8765-8766; Özdağoğlu ve Keleş, 2019:113-114).

**Adım 1.** n adet alternatif ve m adet kriterleri kapsayan karar matrisi X aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$X = [x_{ij}]_{n \times m} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

Burada  $x_{ij}$   $i$ . alternatifin  $j$ . kritere göre performans değerini göstermektedir.

**Adım 2.** Eşitlik (2) kullanılarak X matrisi içinde yer alan elemanlarının ortak birimlere çevrilmesi amacıyla normalizasyonu gerçekleştirilir.

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (2)$$

**Adım 3.** Normalizasyon işleminin ardından her bir performans kriterinin gri entropi değerini hesaplamak için ilk olarak Eşitlikler (3) ve (4) yardımıyla  $w_e(z_{ij})$  değerleri ve normalizasyon katsayısı K bulunur.

$$w_e(z_{ij}) = z_{ij}e^{(1-z_{ij})} + (1 - z_{ij})e^{z_{ij}} - 1 \quad (3)$$

$$K = \frac{1}{(e^{0.5}-1)n} \quad (4)$$

Eşitlik (4)'te görülen n kriter sayısını ifade etmektedir.

**Adım 4.** Her bir performans kriterinin gri entropi değeri  $e_j$  Eşitlik (5) yardımı ile hesaplanır.

$$e_j = K \sum_{i=1}^m w_e(z_{ij}) \quad (5)$$

**Adım 5.** Gri entropi değerleri hesaplandıktan sonra toplam entropi değeri  $E$ , göreceli ağırlık katsayıları  $\lambda_j$  ve normalleştirilmiş ağırlık katsayıları  $\beta_j$  sırasıyla Eşitlikler (6), (7) ve (8) kullanılarak bulunur.

$$E = \sum_{j=1}^n e_j \quad (6)$$

$$\lambda_j = \frac{1-e_j}{n-E} \quad (7)$$

$$\beta_j = \frac{\lambda_j}{\sum_{j=1}^n \lambda_j} \quad (8)$$

### 3.2. FUCOM (Full Consistency Method) Yöntemi

Pamuçar vd. (2018) tarafından geliştirilen FUCOM yöntemi oldukça yeni bir subjektif kriter ağırlıklandırma yöntemidir. Doğrusal programlamaya dayalı bir yöntem olan FUCOM diğer subjektif ağırlıklandırma teknikleri (AHP ve BWM) ile kıyaslandığında daha az sayıda ikili karşılaştırma gerektirir (Demir vd., 2022). Ayrıca, tam tutarlılıktan sapmanın (DFC) belirlendiği FUCOM yönteminde elde edilen ağırlık vektörleri için hata değerinin hesaplanması modelin doğrulanmasına olanak sağlar. FUCOM kullanılarak kriterlerin ağırlık katsayılarını elde etme prosedürü aşağıdaki gibidir (Pamuçar vd., 2018: 5-7; Ecer, 2021: 28-29):

#### Adım 1. Kriterlerin sıralanması

Bu adımda kriter kümesindeki  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$  kriterler en önemli olandan en önemsiz olana doğru sıralanır. Dolayısıyla, Eşitlik (9)'da görüldüğü gibi beklenen ağırlık değerleri açısından kriter sıralaması elde edilir.

$$C_{j(1)} > C_{j(2)} > \dots > C_{j(k)} \quad (9)$$

Yukarıdaki eşitlikte  $k$  gözlenen kriter sırasını ifade eder. Ayrıca kriter kümesinde eşit önem düzeyine sahip kriterler varsa bu durumda yukarıdaki eşitlikteki söz konusu kriterler arasında büyüktür ifadesinin yerine eşittir ifadesi kullanılır.

**Adım 2.** Kriterlerin karşılaştırmalı önceliklerinin ve öncelik vektörlerinin belirlenmesi

Bu adımda sıralanan kriterlere ilişkin karşılaştırmalar yapılır ve sıralanmış kriterlerin karşılaştırmalı önceliği ( $\varphi_{k/(k+1)}$ ,  $k=1,2,\dots,n$  olup kriterin sırasını gösterir) elde edilir. Daha sonra Eşitlik (10)'da gösterildiği gibi kriterlerinin karşılaştırmalı öncelik vektörleri bulunur.

$$\Phi = (\varphi_{1/2}, \varphi_{2/3}, \dots, \varphi_{k/(k+1)}) \quad (10)$$

Burada  $\varphi_{k/(k+1)}$  ifadesi  $C_{j(k)}$  kriterine ilişkin sıralamanın  $C_{j(k+1)}$  kriterine ilişkin sıralama açısından önceliğini (önemini) ifade eder.  $n - 1$  sayıda karşılaştırmaların yapıldığı FUCOM'da ikili karşılaştırmalar ya önceden belirlenmiş bir ölçeğin değerleri kullanılarak ya da tamsayı ve ondalık değerler kullanarak yapılabilir.

**Adım 3.** Bu adımda, kriterler için ağırlık değerleri  $(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  aşağıdaki iki koşula bağlı olarak hesaplanır.

**1. Koşul:** Eşitlik (11)'de gösterildiği gibi ağırlık katsayıları  $(w_k)$  karşılaştırmalı önceliklerle ( $\varphi_k$ ) orantılıdır.

$$\frac{w_k}{w_{k+1}} = \varphi_{k/(k+1)} \quad (11)$$

**2. Koşul:** Eşitlik (12)'de gösterildiği gibi matematiksel geçişlilik tüm karşılaştırmalı öncelikler ( $\varphi_k$ ) arasında karşılanmalıdır.

$$\frac{w_k}{w_{k+2}} = \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} \quad (12)$$

Yukarıda bahsedilen her iki koşul da karşılanırsa, maksimum tutarlılık gerekliliği karşılanır, yani DFC değeri  $\chi=0$  olur. FUCOM yönteminin tüm amacı, sonuçların doğruluğunu arttırmak için DFC'yi en aza indirmektir. Koşulların karşılanabilmesi için  $(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  ağırlık katsayı değerlerinin,  $\chi$  değerinin en aza indirilmesiyle,

$$\left| \frac{w_k}{w_{k+1}} - \varphi_{k/(k+1)} \right| \leq \chi \text{ ve } \left| \frac{w_k}{w_{k+2}} - \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} \right| \leq \chi \quad (13)$$

koşullarına uyması gerekir. Sonuçta kriter ağırlık katsayılarının son değerlerini hesaplamak için nihai model Eşitlik (14)'te gösterildiği gibi yazılabilir.

Min $\chi$

Kısıtlayıcılar:

$$\left| \frac{w_{j(k)}}{w_{j(k+1)}} - \varphi_{k/(k+1)} \right| \leq \chi, \forall j$$

$$\left| \frac{w_{j(k)}}{w_{j(k+2)}} - \varphi_{k/(k+1)} \otimes \varphi_{(k+1)/(k+2)} \right| \leq \chi, \forall j \quad (14)$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, \forall_j$$

Yukarıdaki optimizasyon probleminin çözülmesi ile hem kriterlere ilişkin optimal ağırlık katsayıları  $(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$  hem de DFC ( $\chi$ ) derecesi hesaplanır.

### 3.3. Birleştirilmiş Ağırlıklandırma (Combined Weighting) Yöntemi

Objektif (Gri Entropi) ve sübjektif (FUCOM) ağırlıklandırma yöntemlerinden elde edilen ağırlıklar aşağıdaki denklem kullanılarak birleştirilmiştir (Zavadskas ve Podvezko, 2016):

$$w_{jc} = \frac{w_{jo}w_{js}}{\sum_{j=1}^n w_{jo}w_{js}} \quad (15)$$

Yukarıdaki denklemde  $w_{jc}$ , kriterlerin birleştirilmiş ağırlıklarıdır.  $w_{jo}$  ve  $w_{js}$  ise sırasıyla değerlendirme kriterlerinin objektif (Gri Entropi) ve sübjektif (FUCOM) ağırlıklarını ifade etmektedir.

### 3.4. EDAS-M Yöntemi

Keshavarz Ghorabae vd. (2015) tarafından geliştirilen geleneksel EDAS yöntemi optimal çözüm üretilirken ortalama çözüme pozitif ve negatif uzaklıkların hesaplanmasını dikkate almaktadır (Işık ve Ersoy, 2020:77-79; Koşaroğlu, 2020:410-411). Bununla beraber geleneksel EDAS yöntemini Minkowski (1909) uzayını kullanarak genişleten Zavadskas vd. (2019) karar verme sürecinde geleneksel EDAS yöntemindeki ortalama çözümden sapmayı dikkate alan EDAS-M yöntemini geliştirmişlerdir. Bu yöntemin işlem adımları aşağıdaki gibidir:

**Adım 1.** Eşitlik (1)'de gösterilen karar matrisi  $X = [x_{ij}]_{n \times m}$  oluşturulur.

**Adım 2.** Tüm performans kriterleri için ortalama çözümler  $AV_j$  hesaplanır.

$$AV = [AV_j]_{1 \times m} \quad (16)$$

Yukarıdaki eşitlikteki  $AV_j$  Eşitlik (17) kullanılarak bulunur.

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n} \quad j = 1, \dots, n \quad (17)$$

**Adım 3.** Kriterlerin fayda ya da maliyet unsuru olup olmamalarına bağlı olarak PDA ve NDA matrisleri bulunur.

$$PDA = [PDA_{ij}]_{n \times m} \quad (18)$$

$$NDA = [NDA_{ij}]_{n \times m} \quad (19)$$

Burada  $j$ . kriter fayda niteliği taşıyorsa Eşitlik (20) ve Eşitlik (21) kullanır.

$$PDA_{ij} = \frac{(x_{ij} - AV_j)}{AV_j} \quad i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (20)$$

$$NDA_{ij} = \frac{(AV_j - x_{ij})}{AV_j} \quad i = 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (21)$$



Eğer  $j$ . kriter maliyet niteliği taşıyorsa Eşitlik (22) ve Eşitlik (23) kullanır.

$$PDA_{ij} = \frac{(AV_j - x_{ij})}{AV_j} \quad (22)$$

$$NDA_{ij} = \frac{(x_{ij} - AV_j)}{AV_j} \quad (23)$$

Burada PDA ve NDA  $i$ . alternatifin seçilen kriter açısından ortalama çözümden pozitif ve negatif uzaklığını göstermektedir. PDA ve NDA negatif olabileceğinden bu denklemler geleneksel EDAS yöntemine göre farklıdır.

**Adım 4.** Tüm alternatifler için Minkowski uzayında PDA ve NDA'nın ağırlıklı toplamının belirlenmesi:

$$SP_i = d_i \left| \sum_{j=1}^m k_{ij} |w_j \times PDA_{ij}|^m \right|^{1/m} \quad (24)$$

Yukarıdaki eşitlikte,  $k_{ij} = 1$  eğer  $PDA_{ij} \geq 0$  ve  $k_{ij} = -1$  eğer  $PDA_{ij} < 0$

$d_j = 1$  eğer  $\sum_{j=1}^m k_{ij} |w_j \times PDA_{ij}|^m \geq 0$  ve  $d_j = -1$  eğer  $\sum_{j=1}^m k_{ij} |w_j \times PDA_{ij}|^m < 0$

$$SN_i = d_i \left| \sum_{j=1}^m k_{ij} |w_j \times NDA_{ij}|^m \right|^{1/m} \quad (25)$$

Yukarıdaki eşitlikte  $k_{ij} = 1$  eğer  $NDA_{ij} \geq 0$  ve  $k_{ij} = -1$  eğer  $NDA_{ij} < 0$

$d_j = 1$  eğer  $\sum_{j=1}^m k_{ij} |w_j \times NDA_{ij}|^m \geq 0$  ve  $d_j = -1$  eğer  $\sum_{j=1}^m k_{ij} |w_j \times NDA_{ij}|^m < 0$

Burada,  $\sum_{j=1}^m k_{ij} |w_j \times PDA_{ij}|^m$  ve  $\sum_{j=1}^m k_{ij} |w_j \times NDA_{ij}|^m$  negatif olabilir.

**Adım 5.** Tüm alternatifler için SP ve SN değerleri Eşitlikler (26) ve (27) yardımıyla normalleştirilir.

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max SP_i} \quad (26)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max SN_i} \quad (27)$$

**Adım 6.** Değerlendirme kapsamındaki tüm alternatiflerine ilişkin puanlar  $AS_i$  Eşitlik (28) vasıtasıyla hesaplanır.

$$AS_i = \frac{NSP_i + NSN_i}{2} \quad (28)$$

Geleneksel EDAS yönteminde değerlendirme puanı  $0 \leq AS_i \leq 1$  arasında değerler alabilirken, EDAS-M yönteminde değerlendirme puanı sıfırdan küçük  $AS_i \leq 0$  veya  $AS_i \geq 1$  olabilir. Burada AS puanı en yüksek olan alternatif en başarılı alternatif olarak belirlenir.

### 3.5. Veriler

2018 yılı itibariyle Fortune 500 Türkiye listesine giren ve depolama, taşımacılık ve lojistik hizmetler sektöründe faaliyet gösteren 6 lojistik firması (Ekol Lojistik A.Ş. [L1], Horoz Lojistik Kargo Hizmetleri ve Ticaret A.Ş. [L2], Alişan Uluslararası Taşımacılık ve Ticaret A.Ş. [L3], Reysaş Taşımacılık ve Lojistik Ticaret A.Ş. [L4], Taha Kargo Dış Tic. Ltd. Şti. [L5] ve Mars Lojistik Uluslar Arası Taşımacılık Depolama Dağıtım ve Ticaret A.Ş. [L6]) çalışmanın

örneklemine oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan kriterler Fortune 500 Türkiye web sayfasından temin edilmiş olup bu kriterlere ilişkin açıklayıcı bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Performans Kriterleri

Sıra	Performans Kriterleri	Optimizasyon Yönü	Kodlar
1	Çalışan Sayısı (Adet)	Minimum	C1
2	Net Satışlar (TL)	Maksimum	C2
3	FVÖK (TL)	Maksimum	C3
4	FVÖK Değişimi (%)	Maksimum	C4
5	Aktif Toplamı (TL)	Maksimum	C5
6	Özkaynaklar (TL)	Maksimum	C6
7	İhracat Miktarı (TL)	Maksimum	C7

#### 4. Bulgular

Bu bölümde performans analizinde önerilen hibrid modeli oluşturan yöntemlerin uygulanması ile elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

##### 4.1. Değerlendirme Kriterlerinin Objektif Ağırlıklarının Belirlenmesi

Gri Entropi yönteminin uygulaması için başlangıç karar matrisi Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2. Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
L1	8148	3.329.325.176	113.663.194	0,557	2.543.748.101	442.006.012	2.666.504.964
L2	971	649.276.198	37.153.916	0,219	311.446.189	95.347.268	124.115.793
L3	849	646.970.527	60.016.926	1,901	549.020.364	51.346.972	101.106.163
L4	731	541.498.558	377.290.637	1,920	1.377.061.871	58.244.921	52.063.376
L5	65	537.161.770	11.194.840	0,872	178.128.042	20.974.523	535.620.974
L6	1417	1.507.709.011	179.744.371	0,597	955.284.231	720.727.277	796.920.805

Yukarıdaki başlangıç matrisine Eşitlik (2)'nin uygulanması ile elde edilen normalize edilmiş matris Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Normalleştirilmiş Değerler

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
L1	0,669	0,462	0,146	0,092	0,430	0,318	0,624
L2	0,080	0,090	0,048	0,036	0,053	0,069	0,029
L3	0,070	0,090	0,077	0,313	0,093	0,037	0,024
L4	0,060	0,075	0,484	0,316	0,233	0,042	0,012
L5	0,005	0,074	0,014	0,144	0,030	0,015	0,125
L6	0,116	0,209	0,231	0,098	0,162	0,519	0,186

Normalizasyon işlemi takiben Eşitlik (3) vasıtasıyla  $w_e(z_{ij})$  değerleri hesaplanmış ve bu hesaplamalarla elde edilen sonuçlar Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4.  $w_e(z_{ij})$  Değerleri

	$C1$	$C2$	$C3$	$C4$	$C5$	$C6$	$C7$
L1	0,578	0,645	0,331	0,223	0,637	0,567	0,611
L2	0,197	0,219	0,122	0,094	0,134	0,172	0,076
L3	0,174	0,219	0,191	0,562	0,225	0,096	0,062
L4	0,152	0,186	0,648	0,565	0,470	0,108	0,033
L5	0,014	0,185	0,038	0,327	0,079	0,040	0,292
L6	0,274	0,436	0,467	0,237	0,359	0,648	0,401

Eşitlik (4) yardımıyla normalizasyon katsayısı 0,220213 olarak hesaplanırken, Eşitlik (6)'nın uygulanması sonucunda ise toplam entropi değeri 2,663572 olarak hesaplanmıştır. Son olarak kriterinin gri entropi değeri, görelî ağırlık katsayıları ve normalleştirilmiş ağırlık katsayıları sırasıyla Eşitlikler (5), (7) ve (8) uygulanmasıyla bulunmuştur. Bu işlemlere ilişkin bulgular Tablo 5'te yer almaktadır.

Tablo 5.  $e_j$ ,  $\lambda_j$  ve  $\beta_j$  Değerleri

	$C1$	$C2$	$C3$	$C4$	$C5$	$C6$	$C7$
$e_j$	0,306	0,416	0,396	0,442	0,419	0,359	0,325
$\lambda_j$	0,160	0,135	0,139	0,129	0,134	0,148	0,156
$\beta_j$	0,160	0,135	0,139	0,129	0,134	0,148	0,156
Sıra	1	5	4	7	6	3	2

Performans kriterlerinin gri entropi yöntemine göre hesaplanan önem ağırlıkları Tablo 5'in son satırında verilmiştir. Tablo 5'teki objektif ağırlık katsayılarına göre en önemli performans kriteri  $C1$  ile kodlanan çalışan sayısıdır. Bu kriteri sırasıyla  $C7$ ,  $C6$ ,  $C3$ ,  $C2$ ,  $C5$  ve  $C4$  takip etmektedir.

#### 4.2. Değerlendirme Kriterlerinin Sübjektif Ağırlıklarının Belirlenmesi

Doğrusal programlama temelli FUCOM yöntemi için sektörde üst düzey yönetici olarak çalışan bir karar verici ilk olarak kriter setindeki tüm kriterleri kendi tecrübesi ve düşüncesine göre önemli olandan önemsiz olana doğru sıralamıştır.

$$C_7 > C_1 > C_2 > C_6 > C_3 > C_4 > C_5$$

Sıralamaların ardından karar verici 1'in en düşük değeri bununla beraber 9'un ise en yüksek değeri gösterdiği bir skala kullanarak kriterleri karşılaştırmıştır. Burada önemli olan nokta, ikili karşılaştırmaların her zaman önem düzeyi en yüksek olan kritere göre yapılmasıdır. Karar vericinin kriterler için yaptığı karşılaştırmalar Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Kriterlerin Karar Verici Tarafından Puanlanması

Kriterler	$C_7$	$C_1$	$C_2$	$C_6$	$C_3$	$C_4$	$C_5$
$(\omega_{C_j(k)})$	1	2,5	3,4	4,8	6,5	7	8,6

Kriterlerin karşılaştırıldığı Tablo 6’da karar vericiye göre en önemli kriter ihracat miktarıdır (C7). Dolayısıyla, karar vericiye göre ihracat miktarı çalışan sayısına (C1) göre 2,5 kat, net satışlara (C2) göre ise 3,4 kat daha önemlidir.

Bu aşamayı takiben karar vericinin kriterler için yaptığı karşılaştırmalar açısından kriterlerin karşılaştırmalı öncelikleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \varphi_{C_7/C_1} &= \frac{2,5}{1} = 2,5 & \varphi_{C_1/C_2} &= \frac{3,4}{2,5} = 1,36 & \varphi_{2/C_6} &= \frac{4,8}{3,4} = 1,41 \\ \varphi_{C_6/C_3} &= \frac{6,5}{4,8} = 1,35 & \varphi_{C_3/C_4} &= \frac{7}{6,5} = 1,08 & \varphi_{C_4/C_5} &= \frac{8,6}{7} = 1,23 \end{aligned}$$

Daha sonra aşağıdaki koşulların sağlanması gerekir:

1. Ağırlık katsayıları kriterler arasındaki karşılaştırmalı önceliklerle orantılıdır. Karar vericinin değerlendirmelerine göre kriterler,

$$\frac{w_7}{w_1} = 2,5 \quad \frac{w_1}{w_2} = 1,36 \quad \frac{w_2}{w_6} = 1,41 \quad \frac{w_6}{w_3} = 1,35 \quad \frac{w_3}{w_4} = 1,08 \quad \frac{w_4}{w_5} = 1,23 \text{ olur.}$$

2. Matematiksel geçişlilik tüm karşılaştırmalı öncelikler arasında sağlamalıdır. Karar vericinin değerlendirmeleri doğrultusunda C7 kriterinin C2 kritere göre değeri;

$$\frac{w_7}{w_2} = (2,50) \otimes (1,36) = 3,4 \text{ bulunur.}$$

Benzer şekilde, karar vericinin değerlendirmeleri doğrultusunda kriterlerin birbirlerine göre değerleri;

$$\begin{aligned} \frac{w_1}{w_6} &= (1,36) \otimes (1,41) = 1,92 & \frac{w_3}{w_5} &= (1,08) \otimes (1,23) = 1,33 \\ \frac{w_2}{w_3} &= (1,41) \otimes (1,35) = 1,90 & \frac{w_6}{w_4} &= (1,35) \otimes (1,08) = 1,46 \end{aligned}$$

şeklinde elde edilir. Böylece karar vericinin değerlendirmelerine göre kriterlerin ağırlıklarını hesaplamaya yönelik DP modeli Eşitlik (14) yardımıyla aşağıdaki gibi yazılabilir:

$\min \chi$

Kısıtlayıcılar:

$$\begin{aligned} \left| \frac{w_7}{w_1} - 2,5 \right| &\leq \chi & \left| \frac{w_1}{w_2} - 1,36 \right| &\leq \chi & \left| \frac{w_2}{w_6} - 1,41 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_6}{w_3} - 1,35 \right| &\leq \chi & \left| \frac{w_3}{w_4} - 1,08 \right| &\leq \chi & \left| \frac{w_4}{w_5} - 1,23 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_7}{w_2} - 3,4 \right| &\leq \chi & \left| \frac{w_1}{w_6} - 1,92 \right| &\leq \chi & \left| \frac{w_2}{w_3} - 1,90 \right| &\leq \chi \\ \left| \frac{w_6}{w_4} - 1,46 \right| &\leq \chi & \left| \frac{w_3}{w_5} - 1,33 \right| &\leq \chi & & \end{aligned}$$

$$\sum_{j=1}^7 w_j = 1$$

$$w_j \geq 0, \forall_j$$

Bu modelin çözülmesiyle elde edilen subjektif ağırlık katsayıları Tablo 7’de sunulmuştur.

Tablo 7. Ağırlık Değerleri

<i>Kriter</i>	<i>Ağırlık Değerleri</i>	<i>Sıra</i>
C1	0,1727	2
C2	0,1269	3
C3	0,0668	5
C4	0,0617	6
C5	0,0503	7
C6	0,0900	4
C7	0,4316	1

Uygulamada 7 kriter için 6 karşılaştırma yapılmış ve her karşılaştırma doğrusal programlama kısıtı olarak modelde yer almıştır. Tam tutarlılıktan sapma değeri (DCF),  $\chi=0,014$  olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0,025’ten küçük olduğundan bir taraftan karşılaştırmaların tutarlı olduğu diğer taraftan da elde edilen sonuçların güvenilir olduğu ifade edilebilir. Tablo 7’de sunulan subjektif ağırlıklara göre C7 ile kodlanan ihracat miktarının en önemli performans kriteri olduğu ifade edilebilir. Bu kriteri sırasıyla C1, C2, C6, C3, C4, C5 takip etmektedir. Kriter ağırlıkları ve DCF değeri LINGO 17 yazılımı kullanılarak elde edilmiştir.

#### 4.3. Birleştirilmiş Ağırlıkların Belirlenmesi

Ağırlıklandırma işleminin son adımında hesaplanan objektif (Gri Entropi) ve subjektif (FUCOM) ağırlıklar Eşitlik (15) kullanılarak birleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 8’de sunulmuştur.

Tablo 8. Birleştirilmiş Ağırlıklar

<i>Kriter</i>	<i>w<sub>jo</sub></i>	<i>w<sub>js</sub></i>	<i>w<sub>jc</sub></i>	<i>Sıra</i>
C1	0.1601	0.1727	0.1853	2
C2	0.1346	0.1269	0.1145	3
C3	0.1393	0.0668	0.0624	5
C4	0.1286	0.0617	0.0532	6
C5	0.1339	0.0503	0.0451	7
C6	0.1478	0.0900	0.0891	4
C7	0.1557	0.4316	0.4504	1

Tablo 8’de gösterilen birleştirilmiş ağırlıklar dikkate alındığında C7 ile kodlanan ihracat miktarının en önemli performans kriteri olduğu ifade edilebilir. Bu kriteri sırasıyla C1 ile kodlanan çalışan sayısı, C2 ile kodlanan net satışlar, C6 ile kodlanan özkaynaklar, C3 ile kodlanan FVÖK, C4 ile kodlanan FVÖK değişimi ve C5 ile kodlanan toplam aktifler takip etmektedir.

#### 4.4. Lojistik Firmalarının Performans Değerlendirmesi

Performans kriterlerinin ağırlık katsayıları hesaplandıktan sonra lojistik firmaların performansını değerlendirmek için EDAS-M yöntemi uygulanmıştır. EDAS-M yönteminin

uygulamasının ilk adımında Tablo 2’de gösterildiği gibi karar matrisi oluşturulur. Ardından Tablo 9’da gösterildiği gibi Eşitlik (16) kullanılarak her bir kriter için ortalama çözümler üretilmiştir.

Tablo 9. Kriterlerin Ortalama Çözümleri

	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>	<i>C6</i>	<i>C7</i>
AV 2030	1.201.990.207	129.843.981	1,01	985.781.466	231.441.162	712.722.013	

Tablo 10 ve 11’de gösterildiği gibi, Seçilen kriterlerin fayda ya da maliyet durumları da göz önüne alınarak Eşitlikler (18)-(23)’ün uygulanmasıyla ortalama çözümden pozitif uzaklık matrisi ve ortalama (PDA) ve çözümden negatif uzaklık matrisi (NDA) oluşturulmuştur.

Tablo 10. Ortalama Çözümünden Pozitif Uzaklık Matrisi (PDA)

<i>PDA</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>L4</i>	<i>L5</i>	<i>L6</i>
C1	-3.013	0.522	0.582	0.640	0.968	0.302
C2	1.770	-0.460	-0.462	-0.549	-0.553	0.254
C3	-0.125	-0.714	-0.538	1.906	-0.914	0.384
C4	-0.449	-0.783	0.880	0.899	-0.138	-0.409
C5	1.580	-0.684	-0.443	0.397	-0.819	-0.031
C6	0.910	-0.588	-0.778	-0.748	-0.909	2.114
C7	2.741	-0.826	-0.858	-0.927	-0.248	0.118

Tablo 11. Ortalama Çözümünden Negatif Uzaklık Matrisi (NDA)

<i>NDA</i>	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>L4</i>	<i>L5</i>	<i>L6</i>
C1	3.013	-0.522	-0.582	-0.640	-0.968	-0.302
C2	-1.770	0.460	0.462	0.549	0.553	-0.254
C3	0.125	0.714	0.538	-1.906	0.914	-0.384
C4	0.449	0.783	-0.880	-0.899	0.138	0.409
C5	-1.580	0.684	0.443	-0.397	0.819	0.031
C6	-0.910	0.588	0.778	0.748	0.909	-2.114
C7	-2.741	0.826	0.858	0.927	0.248	-0.118

Eşitlikler (24) ve (25)’in uygulanması ile tüm alternatifler açısından Minkowski uzayında PDA ve NDA’nın ağırlıklı toplamlarını ifade eden  $SP_i$  ve  $SN_i$  değerleri Tablo 12 ve 13’de gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

Tablo 12. Minkowski Uzayındaki PDA'nın Ağırlıklı Toplamı

	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>L4</i>	<i>L5</i>	<i>L6</i>
C1	-1.69E-02	7.88E-08	1.69E-07	3.29E-07	5.97E-06	1.72E-09
C2	1.40E-05	-1.12E-09	-1.15E-09	-3.90E-09	-4.08E-09	1.77E-11
C3	-1.71E-15	-3.47E-10	-4.78E-11	3.35E-07	-1.95E-09	4.55E-12
C4	-4.43E-12	-2.17E-10	4.93E-10	5.71E-10	-1.14E-15	-2.31E-12
C5	9.41E-09	-2.68E-11	-1.28E-12	5.93E-13	-9.47E-11	-1.04E-20
C6	2.31E-08	-1.09E-09	-7.72E-09	-5.88E-09	-2.30E-08	8.44E-06
C7	4.37E+00	-9.85E-04	-1.29E-03	-2.21E-03	-2.20E-07	1.21E-09
Toplam	4.36E+00	-9.85E-04	-1.29E-03	-2.21E-03	5.72E-06	8.44E-06
$D_i$	1	-1	-1	-1	1	1
$SP_i$	1.234	-0.372	-0.387	-0.417	0.178	0.188

Tablo 13. Minkowski Uzayındaki NDA'nın Ağırlıklı Toplamı

	<i>L1</i>	<i>L2</i>	<i>L3</i>	<i>L4</i>	<i>L5</i>	<i>L6</i>
C1	1.69E-02	-7.88E-08	-1.69E-07	-3.29E-07	-5.97E-06	-1.72E-09
C2	-1.40E-05	1.12E-09	1.15E-09	3.90E-09	4.08E-09	-1.77E-11
C3	1.71E-15	3.47E-10	4.78E-11	-3.35E-07	1.95E-09	-4.55E-12
C4	4.43E-12	2.17E-10	-4.93E-10	-5.71E-10	1.14E-15	2.31E-12
C5	-9.41E-09	2.68E-11	1.28E-12	-5.93E-13	9.47E-11	1.04E-20
C6	-2.31E-08	1.09E-09	7.72E-09	5.88E-09	2.30E-08	-8.44E-06
C7	-4.37E+00	9.85E-04	1.29E-03	2.21E-03	2.20E-07	-1.21E-09
Toplam	-4.36E+00	9.85E-04	1.29E-03	2.21E-03	-5.72E-06	-8.44E-06
$D_i$	-1	1	1	1	-1	-1
$SN_j$	-1.234	0.372	0.387	0.417	-0.178	-0.188

EDAS-M yönteminin son adımında ise Eşitlikler (26) ve (27) ile normalize SP ve SN değerleri bulunurken Eşitlik (28) ile bu değerlerin ortalaması alınarak genel değerlendirme puanları elde edilmiştir. Tüm bu hesaplamalara ilişkin sonuçlar Tablo 14'de sunulmuştur.

Tablo 14. EDAS-M Yönteminin Sonuçları

	$NSP_i$	$NSN_i$	$AS_i$	<i>Sıra</i>
L1	1.000	3.956	2.478	1
L2	-0.301	0.109	-0.096	4
L3	-0.313	0.074	-0.119	5
L4	-0.338	0.000	-0.169	6
L5	0.144	1.427	0.786	3
L6	0.153	1.451	0.802	2

Tablo 14'deki sonuçlar incelendiğinde, alternatifler arasında en iyi performansa sahip lojistik firması L1 ile kodlanan Ekol lojistik firması olduğu görülmektedir. Bu firmayı sırasıyla L6 ile kodlanan Mars lojistik, L5 ile kodlanan Taha Kargo, L2 ile kodlanan Horoz Lojistik, L3 ile kodlanan Alışan Lojistik ve L4 ile kodlanan Reysaş lojistik takip etmektedir.

## 5. Sonuç

Artan uluslararası faaliyetler lojistik sektörünün önemi artırmış, lojistik faaliyetlerde bulunan firmaların performansı ülkelerin ekonomisi için çok önemli bir araç haline gelmiştir. Bu nedenle, bu çalışmada lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmaların performans ölçümü için yeni bir ÇKKV yaklaşımı geliştirilmeye odaklanılmıştır. Bu bağlamda, 2018 yılında Fortune 500 Türkiye listesine giren altı lojistik firmasının verileri kullanılmıştır.

Performans analizin ilk aşamasında performans değerlemesinde kullanılacak kriterler belirlendikten sonra ikinci aşamasında seçilen kriterlerin önem ağırlıkları hem objektif (Gri Entropi) hem de sübjektif (FUCOM) ağırlıklandırma yöntemlerinin bir birleşimi olan ortak ağırlıklandırmaya göre değerlendirilmiştir. Sonraki aşamada ise diğer ÇKKV yöntemlerine kıyasla yeni bir yaklaşım olan EDAS-M yöntemi kullanılarak lojistik firmalarının performans ölçümü ve sıralaması gerçekleştirilmiştir.

Gri Entropi ve FUCOM yöntemlerinin birleştiren ortak ağırlıklandırma yöntemi sonuçlarına göre, performans analizinde en önemli kriter ihracat miktarıdır. Diğer performans kriteri ise kendi arasında çalışan sayısı, net satışlar, özkaynaklar, FVÖK, FKÖ'deki yüzde değişim ve aktif toplamı olarak sıralanmaktadır. Çalışmada kriter ağırlıklarına ilişkin ulaşılan bulgular Ulutaş (2019)'ın sonuçlara benzerlik gösterme ancak Çakır ve Perçin (2013) ve Özbek (2018)'in sonuçlarından farklıdır.

EDAS-M yönteminin uygulanmasıyla elde edilen sonuçlara göre diğer lojistik firmaları arasında Ekol lojistik seçilen performans kriterleri açısından en başarılı firma olarak bulunmuştur. Ekol lojistik firmasının diğer firmalara kıyasla bu üstünlüğü, firmanın sektördeki deneyiminin yanı sıra net satışların, uluslararası ticaretteki payının ve aktif düzeyinin yüksek olması ile açıklanabilir.

Çalışma kapsamında lojistik sektöründe faaliyette bulunan firmaların 2018 yılına ilişkin verilerinin kullanılması bir kısıt olarak kabul edilebilir. Diğer taraftan performans değerlendirmede önerilen karar verme modeli çerçevesinde sadece verilerine ulaşılabilen lojistik firmalarının dahil edilmesi de çalışmanın diğer bir kısıtı olarak değerlendirilebilir. Bununla beraber, lojistik sektörü ve bu sektörde faaliyette bulunan firmaların faaliyetlerinin ekonomik faaliyetler üzerindeki önemli etkileri göz önüne alındığında, ileriki çalışmalarda finansal tablolara dayalı kriterlerin yanı sıra finansal olmayan kriterlerin de analiz sürecine dahil edilmesi tavsiye edilebilir. Ayrıca, gelecekteki çalışmalarda farklı ÇKKV yöntemlerinin (MEREK, BWM, SWARA, MARCOS, MAIRCA, CoCoSo, WISP vs.) kullanılması önerilebilir. Buna ilaveten bu çalışmada kullanılan bütünleşik ÇKKV modeli ekonominin diğer sektörlerinde faaliyet gösteren firmaların da performans analizinde kullanılabilir.



## KAYNAKÇA

- Aguezzoul, A. ve Pires, S. (2016). 3PL performance evaluation and selection: A MCDM method. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 17(2), 87-94.
- Baki, R. (2021). An integrated, multi-criteria approach based on environmental, economic, social, and competency criteria for supplier selection. *RAIRO: Recherche Opérationnelle*, 55, 1487.
- Buyukozkan, G. & Gocer, F. (2016). Selection of medical waste logistic firms by using AHP-TOPSIS methodology. *International Journal of Biology and Biomedicine*, 1, 14-18.
- Candan, G. (2019). Lojistik performans değerlendirmesi için bulanık AHP ve Gri İlişkisel Analiz yöntemleri ile bütünlük bir yaklaşım. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(5), 277-286.
- Çakır, S. ve Perçin, S. (2013). Çok kriterli karar verme teknikleriyle lojistik firmalarında performans ölçümü. *Ege Akademik Bakış*, 13(4), 449-459.
- Demir, G., Damjanović, M., Matović, B., & Vujadinović, R. (2022). Toward Sustainable Urban Mobility by Using Fuzzy-FUCOM and Fuzzy-CoCoSo Methods: The Case of the SUMP Podgorica. *Sustainability*, 14(9), 4972.
- 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.
- Ecer, F. (2021). FUCOM subjektif ağırlıklandırma yöntemi ile rüzgâr çiftliği yer seçimini etkileyen faktörlerin analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(1), 24-34.
- Işık, Ö. (2020). Bir Lojistik Firmasının Performans Analizi: Reysaş Lojistik Örneği. Yalman, İ.N. (Ed.), *Türkiye’de Dış Ticaret ve Lojistik Uygulamalı ve Teorik Seçme Konularında* içinde (s. 293-314). Ankara: Nobel Yayınevi.
- Işık, Ö. ve Ersoy, E. (2020). Özel sermayeli mevduat bankalarında faiz gelir ve giderlerine dayalı performans analizi: CRITIC ve EDAS yöntemleri ile bir uygulama. Karaca, S.S. ve Demireli E. (Ed.), *finans teorisine uygulamalı katkılar-2* içinde (s. 69-89). Ankara: Ekin Yayınevi.
- Karbassi Yazdi, A., Hanne, T., Osorio Gómez, J. C., & García Alcaraz, J. L. (2018). Finding the best third-party logistics in the automobile industry: A hybrid approach. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 1-19.
- Keshavarz Ghorabae, M., Amiri, M., Kazimieras Zavadskas, E. ve 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.
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, 26(3), 435-451.
- Kısa, A. C. G., & Ayçin, E. (2019). OECD ülkelerinin lojistik performanslarının SWARA tabanlı EDAS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 9(1), 301-325.
- Koşaroğlu, Ş. M. (2020). BİST’te İşlem Gören Bankaların Performanslarının SD ve EDAS Yöntemleriyle Değerlendirilmesi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(3), 406-417.
- 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.
- Mariano, E.B., Gobbo Jr., J.A., Camioto, F.de C. & Rebelatto, D.A.do N. (2017). CO<sub>2</sub> emissions and logistics performance: a composite index proposal. *Journal of Cleaner Production*, 163, 166-178.
- Mercangoz, B. A., Yildirim, B., & Yildirim, S. K. (2020). Time period based COPRAS-G method: application on the logistics performance index. *LogForum*, 16 (2), 239-250.
- Minkowski, H. (1909). Raum und Zeit [Space and Time]. In Teubner, B.G. ed., *Jahresberichte der Deutschen MathematikerVereinigung*, 1-14.
- Nong, N. M. T., & Ha, D. S. (2021). Application of MCDM methods to Qualified Personnel Selection in Distribution Science: Case of Logistics Companies. *Journal of Distribution Science*, 19(8), 25-35.
- Oğuz S., Alkan G., & Yılmaz B. (2019). Seçilmiş Asya ülkelerinin lojistik performanslarının TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, Özel Sayı*, 497-507.
- Orhan M. (2019). Türkiye ile Avrupa Birliği ülkelerinin lojistik performanslarının Entropi ağırlıklı EDAS yöntemiyle karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 1222-1238.
- Özbek, A. (2018). Fortune 500 listesinde yer alan lojistik firmaların değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(1), 13-26.
- Özbek, A., & Engür, M. (2018). EDAS yöntemi ile lojistik firma web sitelerinin değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 21(2), 417-429.
- Özceylan, E., Çetinkaya, C., Erbaş, M., & Kabak, M. (2016). Logistic performance evaluation of provinces in Turkey: A GIS-based multi-criteria decision analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 323-337.

- Özdağoğlu, A., & Keleş, M. K. (2019). Spor yönetimi açısından Gri Entropi Tabanlı ROV yöntemi ile 4 büyük futbol kulübünün finansal performans analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (35), 107-123.
- Pamuçar, D., Željko, S. and Sremac, S. (2018). A new model for determining weight coefficients of criteria in mcdm models: Full Consistency Method (FUCOM). *Symmetry*, 10(393), 2-22.
- Percin, S. (2009). Evaluation of third-party logistics (3PL) providers by using a two-phase AHP and TOPSIS methodology. *Benchmarking: An International Journal*, 16(5), 588-604.
- Rajesh, R., Pugazhendhi, S., Ganesh, K., Ducq, Y., & Koh, S. L. (2012). Generic balanced scorecard framework for third party logistics service provider. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 269-282.
- Senir, G. (2021). Comparison of Domestic Logistics Performances of Turkey And European Union Countries In 2018 With An Integrated Model. *LogForum*, 17(2), 193-204.
- Shuai, J. J., & Wu, W. W. (2011). Evaluating the influence of e-marketing on hotel performance by DEA and Grey Entropy. *Expert systems with applications*, 38(7), 8763-8769.
- Singh, R. K., Gunasekaran, A., & Kumar, P. (2018). Third party logistics (3PL) selection for cold chain management: a fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS approach. *Annals of Operations Research*, 267(1-2), 531-553.
- Singh, S. P., Adhikari, A., Majumdar, A., & Bisi, A. (2022). Does service quality influence operational and financial performance of third party logistics service providers? A mixed multi criteria decision making-text mining-based investigation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 157, 102558.
- Ulutaş, A. (2019). Entropi tabanlı EDAS yöntemi ile lojistik firmalarının performans analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (23), 53-66.
- Ulutaş, A., & Karaköy, Ç. (2019). An analysis of the logistics performance index of EU countries with an integrated MCDM model. *Economics and Business Review*, 5(4), 49-69.
- Utikad Lojistik Sektörü Raporu, 2019, <https://www.utikad.org.tr/images/HizmetRapor/utikadlojistiksektoruraporu2019-29007.pdf>.
- Yıldırım, B. F., & Önder, E. (2014). Evaluating potential freight villages in Istanbul using multi criteria decision making techniques. *Journal of Logistics Management*, 3(1), 1-10.
- Yıldırım, B. F., & Mercangoz, B. A. (2020). Evaluating the logistics performance of OECD countries by using fuzzy AHP and ARAS-G. *Eurasian Economic Review*, 10(1), 27-45.
- Zavadskas, E. K., & Podvezko, V. (2016). Integrated determination of objective criteria weights in MCDM. *International Journal of Information Technology and Decision Making*, 15(2), 267-283.
- Zavadskas, E. K., Stevic, R., Turskis, Z., & Tomašević, M. (2019). A novel extended EDAS in Minkowski Space (EDAS-M) method for evaluating autonomous vehicles. *Studies in Informatics and Control*, 28(3), 255-264.
- 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*, 38(4), 262-279.
- Zolfani, S. H., Görçün, Ö. F., & Küçükönder, H. (2021). Evaluating logistics villages in Turkey using hybrid improved fuzzy SWARA (IMF SWARA) and fuzzy MABAC techniques. *Technological and Economic Development of Economy*, 27(6), 1582-1612.