



## Araştırma Makalesi • Research Article

## Lojistik Performans Değerlendirmesi İçin Bulanık AHP ve Gri İlişkisel Analiz Yöntemleri İle Bütünleşik Bir Yaklaşım

### Integrated Approach Of Fuzzy AHP and Grey Relational Analysis For Logistic Performance Evaluation

Gökçe CANDAN <sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Dr. Öğr. Üyesi, Sakarya Üniversitesi, Siyasal Bilgiler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, 54187 Serdivan / SAKARYA  
ORCID:0000-0002-5966-0009

## MAKALE BİLGİSİ

## Makale Geçmişi:

Başvuru tarihi: 02 Ocak 2019  
Düzeltilme tarihi: 05 Mayıs 2019  
Kabul tarihi: 17 Mayıs 2019

## Anahtar Kelimeler:

Lojistik Performans  
Bulanık AHP  
Gri İlişkisel Analiz

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 02 January 2019  
Received in revised form 05 May 2019  
Accepted 17 May 2019

## Keywords:

Logistics Performance  
Fuzzy AHP  
Grey Relational Analysis

## ÖZ

Son yıllarda hızlıca gelişme gösteren lojistik hizmet anlayışı, lojistik servis sağlayıcılarını gittikçe daha fazla müşteri odaklı hizmet üretmeye itmektedir. Lojistik sektöründe rekabet edebilmek için bilgi teknolojileriyle entegre sistemler kullanmak etkinlik ve verimliliği artırırken müşteri memnuniyetini de geliştirmektedir. Sahip olunan bilişim ve ulaştırma altyapılarını, kalifiye insan kaynağı ile etkin bir şekilde değerlendiren servis sağlayıcılarının lojistik performanslarının da oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu çalışmada OECD üyesi 10 ülke için lojistik performans değerlendirme yapılmıştır. Bunun için ele alınan değerlendirme kriterlerine ait ağırlıklar, çok kriterli karar verme tekniklerinden bulanık AHP metodu ile hesaplanmış daha sonra ülkelerin lojistik performansına göre sıralama gri ilişkisel analiz metoduyla gerçekleştirilmiştir. Ülkelerin lojistik performanslarının öncelikle ithalat ve ihracat teslim sürelerine daha sonra ise kullandıkları altyapıların kalitesine bağlı olduğu sonucuna erişilmiştir.

## ABSTRACT

In recent years, a complex logistics service approach has forced logistics service providers to produce more customer-focused services. Using integrated systems with information technologies to compete in the logistics sector improves customer satisfaction while increasing efficiency and productivity. Service providers that can effectively assess the knowledge and transportation infrastructure they have, with their human resources, logistics performances are also quite high. Delivery of products at scheduled time is one of the most important elements of logistics performance. Logistic performance assessments based on these factors can be global or local. In this study, logistic performance evaluation was carried out for 10 OECD member countries. The weights of the evaluation criteria for this were calculated by the fuzzy AHP method from the multi-criteria decision making techniques and then the ranking was done by grey relational analysis method according to the country's logistic performance. The logistics performances of the countries are primarily attributed to the lead time of import and export and then to the quality of trade and transport-related infrastructure.

## 1. Giriş

Günümüzde İnsan kaynağı, malzeme, bilişim ve finansal kaynakların bir sistem çerçevesinde bir araya getirilerek müşteri talep ve beklentilerini üretim faaliyetleriyle dengeli bir şekilde yürütmek tedarik zinciri yönetimi olarak tanımlanabilir. Tedarik zincirinin önemli bir parçası olan lojistik hizmetler, etkin ve verimli bir şekilde sağlandığında tedarik zincirinin performansını da artırmaktadır. Günümüzde teknoloji ve ticaret anlayışı hızla gelişmekte olduğundan lojistik hizmet anlayışlarının da farklılaştığı

bilinmektedir. Müşteri talepleriyle doğrudan etkilenen lojistik faaliyetlerin performansı tedarik zincirinin takip ve izlenebilirliği ile artmaktadır. Lojistik faaliyetlerin izleme ve takibi için güçlü bir bilişim ve ulaştırma altyapısı gereklidir. Bilişim sistemleriyle; lojistik faaliyetler gerçekleşirken sevk edilen ürünlerin güncel, geçmiş ve gelecek lokasyonları izlenebilmekte, bu izleme ve takip sistemleri ise müşteri memnuniyetine olumlu yansımaktadır. Lojistik hizmet üreten işletmelerin farklı tiplerde bilgi teknolojilerini kullandığı görülmektedir. Bunlardan bazıları uluslararası karayolu eşya taşımacılığı

\* Sorumlu Yazar / Corresponding Author  
e-posta: [gcandan@sakarya.edu.tr](mailto:gcandan@sakarya.edu.tr)

bilgi sistemi, filo yönetimi ve araç takip sistemleri, sürücü bilgi takip sistemi gibi sistemlerdir. Kullanılan bu teknolojilerin ortak amacı ise lojistik hizmetlerin verimliliğini ve performansını artırmak, maliyetleri azaltmak bunları gerçekleştirirken de müşteri ilişkileri ve memnuniyetini geliştirmektir.

Literatür araştırması yapıldığında, ele alınan çalışmalarda "lojistik performans" tanımı farklı farklı ve sektörler göre de değişiklik göstermektedir. Bu sebeple çalışmalarda ele alınan değerlendirme kriterleri de birbirlerinden farklı olmakta ve yine sektörler göre değişiklik arz etmektedir. Bu çalışmalarda ele alınan değerlendirme kriterlerinde ortak bir husus olarak, mutlaka zamanında teslimat, güvenilirlik veya müşteri memnuniyeti ifadelerinden birinin yer almış olması dikkat çekicidir (Korpela ve Tuominen (1996), Anderson vd., (1989), Wang vd., (2015), Fawcett ve Cooper (1998), Ramanathan (2010) Lai vd., (2008), Fugate vd., (2012), Liu ve Lyons (2011), Piriyaqul (2011), Hsiao vd., (2010) Hanaoka ve Kunadhamraks (2009)).

Dünya Bankası ülkeleri lojistik açıdan verimlilik, kalite ve yeterlilik ölçümlerine tabi tutmakta ve 2007 yılından bu yana periyodik olarak bir lojistik performans indeksi (LPI) raporu yayınlamaktadır. Bu rapor ile ülkelerin sahip oldukları gümrükleri ve altyapıları verimli kullanıp kullanmadıkları, uluslararası sevkiyat sistemlerinin kalite, maliyet, güvenilirlik ve zamanlama konusundaki performansları ölçülmektedir. Dünya bankası bu ölçümleri gerçekleştirmek için ülkelerdeki önemli ihracat ve ithalat ortağı firmalara internet üzerinden puanlama (1-5 arasında) sistemine dayalı bir anket uygulamaktadır. Dünya Bankası LPI'da ülkeler aldıkları puana göre lojistik dostu, istikrarlı performansta, kısmen performans gösteren ve lojistik dostu olmayan ülkeler şeklinde kategorize edilmektedir. Türkiye LPI sıralamasında 2014'te 30. ülke, 2016'da 34. olup lojistik dostu ülkeler kategorisinde yer almışken 2018'de ise 47. Sıraya gerilemiştir. (T.C. Gümrük Ve Ticaret Bakanlığı, 2017; Dünya Bankası, 2018)

Lojistik performans değerlendirmesi ile ilgili çalışmalara 90'lı yıllardan itibaren rastlanmaktadır. Caplice ve Sheffi (1995) lojistik performans ölçüm sistemlerini iki farklı sektörde örnek olay üzerinden değerlendirmişler ve sektörler birbirinden çok farklı olsa da lojistik stratejilerinin benzer olduğu sonucuna erişmişlerdir. Günümüzde hala lojistik performans değerlendirmesi konusunda kesin ve net tek bir sistem olmamakla birlikte literatürde, yenilenen teknikler ile geliştirilen değerlendirme sistemleriyle karşılaşılmaktadır. Bunlardan birçoğu çok kriterli karar verme teknikleriyle geliştirilmiştir ve bir kısmı şöyledir:

Chan vd. (2006) çalışmalarında posta hizmetleri sektöründe lojistik performans ölçümü için AHP metodunu kullanmışlardır. Kazancoğlu vd. (2018), yeşil tedarik zinciri performansını çimento sektöründe Bulanık Dematel Metodu ile değerlendirmişlerdir. Performans kriterleri olarak çevresel, ekonomik, lojistik, operasyonel, organizasyonel ve pazarlama performansı unsurlarını ele almışlardır. Hanaoka ve Kunadhamraks (2009), çalışmalarında intermodal yük lojistiğine etki eden faktörleri bulanık AHP ile değerlendirmişlerdir. Ele aldıkları faktörlerin ağırlıkları büyükten küçüğe lojistik maliyetler, hizmet kalitesi, güvenilirlik ve güvenlik

şeklinde olmuştur. Ramana vd. (2013), yalın çevik tedarik zinciri performansına etki eden faktörleri açıklayıcı faktör analizi ve bulanık AHP metotlarıyla değerlendirmişlerdir. Buna göre faktörlerin önem dereceleri büyükten küçüğe müşteri hizmet performansı, esneklik, operasyonel performans ve organizasyonel performans olarak sıralanmıştır. Özceylan vd. (2016); çalışmalarında coğrafi bilgi sistemini de kullanarak elde ettikleri verilerle, Türkiye'deki 81 ilde lojistik performans değerlendirmesi yapmışlardır. Kriter ağırlıklarını AHP ve ANP metotlarıyla, kriter sıralamalarını ise AHP, ANP ve TOPSIS metotlarıyla ele aldıkları beş farklı yaklaşım önermişlerdir. Türkiye'de lojistik performans öncüsü olarak ise İstanbul, İzmir ve Hatay şehirleri olduğu belirlenmiştir. Jothimani ve Sarmah (2014), SCOR, Bulanık AHP ve TOPSIS metotlarıyla bütünleşik bir yaklaşım önererek üçüncü parti lojistik tedarik zinciri performansını ölçmüşlerdir.

Performans değerlendirmesi için birçok çalışmada ise farklı sayısal yöntemler kullanıldığı görülmekte bazı çalışmalarda ise literatür araması şeklinde genel değerlendirme araştırmaları yapıldığı belirlenmiştir. Bunlardan bazıları şu şekildedir:

Rafele ve Cagliano (2006) çalışmalarında otomotiv sektöründe lojistik performansını, performans ölçülerini finansal olan ve olmayan şeklinde ikiye ayırarak dinamik sistem yaklaşımı ile analiz etmişlerdir. Puertas vd. (2014) Avrupa'da 2005 ve 2010 yıllarındaki lojistik performans ve ihracat rekabeti arasındaki ilişkiyi matematiksel bir metotla kıyaslayarak değerlendirmişler ve Avrupa Birliği'nin lojistik performans üzerine olumlu katkılarda bulunduğunu, üye ülkelerin ihracat miktarı arttıkça lojistik performanslarının da arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Erkan (2014), regresyon analiziyle 113 ülkeye ait verilerle elde ettiği sonuçlara göre ülkelerin lojistik performanslarının en önemli etkenlerinin demiryolu altyapısı ve liman altyapısının kalitesi olduğunu belirlemiştir. Çalışmada lojistik performansını isteyen bir ülkenin öncelikle demiryolu ve liman altyapısının kalitesini iyileştirmesi gerektiği belirtilmiştir. Avelar-Sosa vd. (2015); tedarik zinciri performansına geleneksel ve uluslararası lojistik politikaların etkilerini yapısal eşitlik modellemesiyle araştırmışlardır. Neticede geleneksel lojistik politikalarının envanter üzerinde direkt bir etkisi olduğunu, bu etkinin müşteri memnuniyetini artırdığını ve ekonomik açıdan olumlu etkiler yarattığını ortaya koymuşlardır. Bayraktutan ve Özbilgin (2015), lojistik performans ölçütleriyle ilgili gerçekleştirdikleri literatür araştırması neticesinde lojistik performans ölçülerini faktör koşulları, iktisadi koşullar ve dış çevre koşulları olmak üzere üç temel gruba ayırmışlardır. Ahi ve Searcy (2015) yeşil tedarik zinciri yönetimi ve sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi ile ilgili literatürde yayınlanan 2555 farklı performans ölçütünü analiz etmişlerdir. En çok kullanılan ölçütlerin başında kalite, hava emisyonları ve enerji tüketimi gelmektedir. Lin ve Cheng (2018) doğrusal regresyon ile ele aldıkları ülkelerdeki lojistik performans indeksleri ve gayri safi yurt içi hasılları arasındaki ilişkiyi değerlendirmişlerdir. Ayrıca ülkelere komşu olan ülkelerin durumunu da değerlendirmişler ve ülkelerin lojistik performans indekslerinin GSYH dan ziyade komşularının lojistik performanslarına bağlı olduğu sonucuna varmışlardır.

Bu çalışmada lojistik performans ölçüm ve değerlendirmesi için bütünleşik bulanık analitik hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Gri İlişkisel Analiz (GİA) yöntemleriyle yeni bir metod önerilmektedir. Literatürde; bütünleşik bir şekilde, bulanık AHP ve GİA yöntemlerini kullanarak lojistik performans değerlendirmesi gerçekleştiren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bundan dolayı bu çalışma lojistik performans değerlendirmesi için yeni bir yaklaşım içermektedir. Çalışmada ele alınan örnek vakada ise OECD üyesi 10 ülkenin lojistik performansları gerçek veriler ile değerlendirilmiştir. Çalışma bu yönüyle de yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır.

Bu çalışma uluslararası nitelikte bir performans değerlendirme örneği sunmuş olsa da; farklı sektörlerde lojistik performans değerlendirmesi için farklı farklı kriterler ile kullanılabilir esnek bir metod içermektedir.

İlerleyen bölümlerde; bulanık AHP ve GİA yöntemleri detaylıca ele alınmış ardından bu yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen lojistik performans değerlendirmesi için örnek bir vaka sunulmuştur.

## 2. Bulanık AHP Metodu

Analitik hiyerarşi Prosesi (AHP) nicel veya nitel kriterler üzerinden karar veren, birden fazla karar vericinin değerlendirme yaparak birden çok alternatif değerlendirildiği bir, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemidir. Bu yöntemde öncelikle karar verici uzman kişilerin amaçları ortaya konulur. Bu amaçlara yönelik ana ve alt kriterlerden ve her bir kriter için alternatiflerden oluşan bir hiyerarşik yapı ortaya çıkartılır. Daha sonra kriterler birbiriyle kıyaslanarak ikili karşılaştırma matrisleri elde edilir. İkili karşılaştırmadan kasit kriterlerin birbirlerine göreli üstünlüklerinin ortaya konulmasıdır. Ardından öncelikler hesaplanır ve matrislerin tutarlı olup olmadığı bir tutarlılık oranı olan 0,1 ile kıyaslanır. Eğer tutarlılık oranı 0,1'den küçük ise elde edilen karşılaştırma matrisi tutarlıdır. Ve son olarak göreli önem değerlerine göre alternatifler sıralanır en yüksek değere sahip olan alternatif üzerinde karar alınır. AHP bu haliyle ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken uzmanların kesin veya net ifade edemediği kararsız kaldığı durumları modelleyememektedir. Bu ihtiyaçtan yola çıkarak Bulanık AHP metodu geliştirilmiş ve kriterlerin birbirlerine göre üstünlükleri bir değerler aralığı şeklinde ifade edilerek ele alınmıştır. Literatürde bulanık küme teorisindeki üçgen veya yamuk üyelik fonksiyonlarıyla ifade edilen farklı Bulanık AHP uygulamaları mevcuttur. (Buckley 1985, Chang 1996, Laarhoven ve Pedrycz 1983)). Bu çalışmada Chang (1996) tarafından genişletme analizi yöntemini öneren bulanık AHP metodu kullanılmıştır. Bu yöntemde kullanılan dilsel değişkenler ve bunlara karşılık gelen üçgen bulanık sayılar Tablo 1'de görülmektedir.

**Tablo 1.** Dilsel Değişkenler ve Üçgen Bulanık Sayılar

Dilsel Değişkenler	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit Derecede Önemli	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Orta Derecede Önemli	(1, 3, 5)	(1/5, 1/3, 1)
Kuvvetli Derecede Önemli	(3, 5, 7)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok Kuvvetli Derecede Önemli	(5, 7, 9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Mutlak Derecede Önemli	(7, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/7)

Yöntemin aşamaları şu şekildedir:

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  nesnel kümesi,  $G = \{g_1, g_2, \dots, g_m\}$  amaçlar kümesi olsun.

$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  şeklinde her bir nesne için  $m$  adet genişletme analizi değeri elde edilir. Genişletmeyle anlatılmak istenen, nesnenin amacı ne kadar gerçekleştirdiğini ifade etmektir.

$M_{g_i}^j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) değerlerinin tümü üçgen bulanık sayılardır.

Adım 1:  $i$ . nesne için bulanık büyüklük değeri hesaplanır.

Öncelikle bulanık genişletme değeri;

$$S_i = \sum_j M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (1)$$

eşitliğiyle hesaplanır.  $m$  adet genişletme analizinin bulanık toplama işlemi

$$\sum_j M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (2)$$

şeklinde uygulanır ve;

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (3)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (4)$$

şeklinde tersi elde edilir.

Adım 2: Elde edilen bulanık sayılar karşılaştırılarak ağırlık değerleri elde edilir.

$M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  üçgen bulanık sayılarının karşılaştırılması için;

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup \left[ \min \left( \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y) \right) \right]$$

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \quad (5)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1, \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2, \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer durumlarda,} \end{cases}$$

Eşitliğinden yararlanılır. Burada  $d$   $\mu_{M_1}$  ve  $\mu_{M_2}$  arasındaki en yüksek kesişim noktası olan  $d$ 'nin düşey eksenidir.  $M_1$  ve  $M_2$ 'nin kıyaslanabilmesi için hem  $V(M_1 \geq M_2)$  hem de  $V(M_2 \geq M_1)$  nin hesaplanmasına ihtiyaç vardır.

Adım 3: Konveks bir bulanık sayının  $k$  adet bulanık sayıdan,

$M_i = (i = 1, 2, \dots, k)$ , daha büyük olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i) \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (6)$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad k = 1, 2, \dots, n; \quad k \neq i \quad (7)$$

Ağırlık vektörü

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \text{ şeklinde elde edilir.} \quad (8)$$

Burada  $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$   $n$  adet elemandır.

Adım 4 : Normalize edilmiş ağırlık vektörü hesaplanır.

$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$ ,  $W$  bulanık olmayan değerdir(9)

$$d(A_i) = \frac{d'(A_i)}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (10)$$

biçiminde hesaplanır.

### 3. Gri İlişkisel Analiz Yöntemi (GİA)

Belirsizliğin sayısal forma dönüştürülmesi için Ju Long Deng (1982) tarafından Gri Sistem Teorisi (GST) adlı bir yöntem önerilmiştir. GST stokastik veya bulanık mantık sistemleriyle çözülemeyen problemleri tahminlemeyi amaçlamaktadır. Burada gri kavramı siyah ve beyaz sistemlerin haricinde bir sistemi tanımlamakta ve bu sistemde parametreler, sistem davranışı veya sistem yapısı hakkında eksik bilgiler mevcuttur. GİA yöntemi ise GST temelli bir karar verme tekniğidir.

GİA yöntemi gri bir sistemdeki her bir faktörün referans değer ile arasındaki niceliksel veya niteliksel ilişkiyi kıyaslamaktadır. GİA yönteminin aşamaları; veri setinin hazırlanması ve karar matrislerinin oluşturulması, referans ve karşılaştırma serilerinin oluşturulması, karar matrisinin normalizasyonu, mutlak değer tablosunun elde edilmesi, gri ilişki katsayılarının hesaplanması ve gri ilişki derecelerinin belirlenmesi olmak üzere 6 aşamadan oluşmaktadır (Wu, 2002). İşlem adımları daha kapsamlı bir şekilde anlatılacak olursa;

Adım 1: Veri setinin hazırlanması ve karar matrislerinin oluşturulması

Ele alınan karar probleminde karşılaştırılacak  $m$  adet faktör serisi belirlenir.

$x_i$ 'ler alternatifleri göstermekte ve  $x_i(j)$  ler ise her bir alternatifin her bir kriter için aldığı değeri göstermektedir.

$$x_i = (x_i(1), \dots, x_i(n)), \quad i = 1, 2, \dots, m_j = 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

Karar matrisi ise eşitlik 12'deki gibi oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} x_1(1)x_1(2) \dots x_1(n) \\ x_2(1)x_2(2) \dots x_2(n) \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ x_m(1)x_m(2) \dots x_m(n) \end{bmatrix} \quad (12)$$

Adım 2: Referans Serisinin ve Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Referans serisi şu şekilde formüle edilir.

$$x_0 = (x_0(j)) \quad \text{ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

Burada  $x_0(j)$   $j$ . kriterin en uygun değerini göstermektedir. Referans serisindeki değerler, karar matrisindeki her bir kriterin en iyi değerini alır.

Adım 3: Karar Matrisinin Normalize Edilmesi ve Normalizasyon Matrisinin Oluşturulması

Farklı özellikteki serilerin karşılaştırılabilmesi için veriler standart bir hale dönüştürülür bu işleme normalizasyon denilmektedir. Ele alınan problemin amaç fonksiyonunun fayda, maliyet veya optimum olma özelliğine göre normalizasyon işlemi farklılaşmaktadır.

Fayda durumunda; serideki değerlerin en büyüklenmesi hedeflenecek ve bu durumda normalizasyon eşitlik 14 ile gerçekleşecektir:

$$x_i^* = \frac{x_i(j) - \min_j x_i(j)}{\max_j x_i(j) - \min_j x_i(j)} \quad (14)$$

Maliyet durumunda; serideki değerlerin en küçüklenmesi hedeflenecek ve bu durumda normalizasyon eşitlik 15 ile gerçekleşecektir:

$$x_i^* = \frac{\max_j x_i(j) - x_i(j)}{\max_j x_i(j) - \min_j x_i(j)} \quad (15)$$

Optimum durumda; serideki değerlerin belirlenen optimal bir değere göre normalizasyonu yapılacaktır ve bu durumda normalizasyon eşitlik 16 ile gerçekleşecektir:

$$x_i^* = \frac{|x_i(j) - x_{ob}(j)|}{\max_j |x_i(j) - x_{ob}(j)|} \quad (16)$$

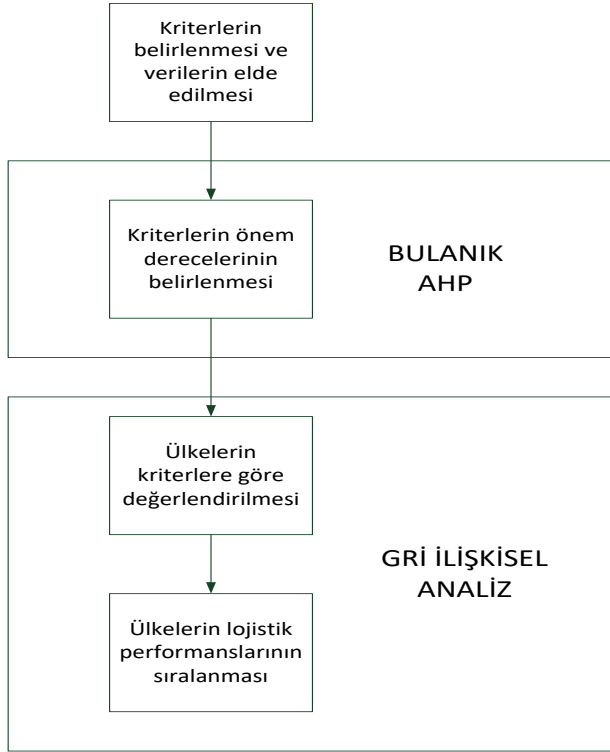
Uygun normalizasyon işlemi ardından karar matrisi aşağıdaki gibi normalizasyon matrisine dönüştürülmüş olur.



Ele alınan lojistik performans kriterlerini açıklamak gerekirse;

**İhracat Teslim Süresi (K1):** İhracat olacak ürünlere ait siparişin verilmesi ile sipariş edilen malların alınması arasında geçen süreyi temsil etmektedir. İhracat tedariki usulleri ithalat usullerinden daha hafif unsurlar içerdiğinden teslim süreleri ithalattan daha kısa olmaktadır. Bu sürenin minimum olması hedeflenmektedir. İhracat teslim süresi performansı yapılacak olan sevkiyatın hava, deniz veya karayoluyla olmasına göre değişim göstermektedir.

### Şekil 1. Lojistik Performans Değerlendirmesi Uygulama Aşamaları



**İthalat Teslim Süresi (K2):** İthal edilecek ürünlere ait siparişin verilmesi ile sipariş edilen malların teslim alınması arasında geçen süreyi temsil etmektedir. Bu sürenin de minimum olması hedeflenmekte ve rapora göre en iyi performans gösteren ülkelerde bu süre ortalama 3 gün civarındadır. En düşük performans gösteren ülkelerde ise bu süre ortalama 10- 12 gün arasında değişmektedir. İthalat teslim süresi performansı yapılacak olan sevkiyatın hava, deniz veya karayoluyla olmasına göre değişim göstermektedir.

**Ticaret ve Ulaşım İle İlgili Altyapının Kalitesi (K3):** Bu kriter teslim sürelerine de etki etmektedir. Ülkelerin sahip olduğu ekonomik imkanlarla orantılı olarak ticari ve ulaşım altyapılarının da kalitesi değişmektedir. Burada altyapıdan kasıt sahip olunan bilişim teknolojileri, demiryolları, hava yolu imkanları ve karayollarının durumudur.

**Gönderilerin Planlanan veya Beklenen Süre İçerisinde Alıcıya Ulaşma Sıklığı (K4):** Bu performans kriteri de diğer kriterlerin performansı ile ilişkilidir. Sevk edilen ürünlerin müşteriye planlanan zamanda ulaşması neticesinde güvenilirlik ve müşterinin memnuniyeti artmakta, pazarda rekabet gücü yükselmektedir.

**Gönderileri Takip Etme Yeteneği (K5):** Sevk edilen ürünlerin takip edilebilir ve güncel olarak izlenebilir olması lojistik performansına etki eden önemli bir kriterdir. Kullanılan teknolojik aygıtlarla gönderinin geçmişte ve gelecekte hangi lokasyonda olduğunu ne tür lojistik aşamalardan geçtiğini takip etmek mümkündür. Gönderileri takip etme yeteneği performansı hem kullanılan bilişim teknolojileri hem de istihdam edilen personelin kalitesi ile ilişkilidir.

### 2. Aşama: Kriterlerin Önem Derecelerinin (Ağırlıklarının) Elde Edilmesi

Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için Bulanık AHP Yöntemi kullanılmıştır. Bunun için bir lojistik uzmanının bir önceki aşamada belirlenen kriterlerin görece önemlerini dilsel olarak tanımlaması istenmiştir. Bu dilsel ifadeler öncelikle bulanık dilsel ifadelerle dönüştürülmüştür. Tablo 2’de kriterlerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi yer almaktadır.

Daha sonra bu bulanık karşılaştırma matrisi eşitlik (1- 6) aracılığıyla genişletme işlemine tabi tutulmuş ve kriterlerin olabilirlik dereceleri belirlenmiştir. Tablo 3’de her bir kriterin olabilirlik derecesi görülmektedir.

Eşitlik (7-10) aracılığıyla Tablo 4’te verilmiş olan kriterlere ait ağırlıklar belirlenmiştir.

**Tablo 2. Kriterlerin Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi**

KRİTERLER	K1	K2	K3	K4	K5
<b>K1</b>	1 1 1	1 3 5	1 3 5	1 3 5	3 5 7
<b>K2</b>	0.2 0.333 1	1 1 1	1 3 5	3 5 7	3 5 7
<b>K3</b>	0.2 0.333 1	0.2 0.333 1	1 1 1	3 5 7	1 3 5
<b>K4</b>	0.2 0.333 1	0.142 0.2 0.333	0.142 0.2 0.333	1 1 1	1 3 5
<b>K5</b>	0.142 0.2 0.333	0.142 0.2 0.333	0.2 0.333 1	0.2 0.333 1	1 1 1

**Tablo 3.** Kriterlerin Olabilirlik Dereceleri**W**

İhracat Teslim Süresi (K1)	1
İthalat Teslim Süresi (K2)	0.981
Ticaret ve Ulaşım İle İlgili Altyapının Kalitesi (K3):	0.813
Gönderilerin Planlanan Veya Beklenen Süre İçerisinde Alıcıya Ulaşma Sıklığı (K4):	0.479
Gönderileri Takip Etme Yeteneği (K5):	0.105

### 3. Aşama: Ülkelerin Lojistik Performanslarının Gri İlişkisel Analiz ile Değerlendirilmesi

Gri ilişkisel analiz yöntemiyle ülkelere ait lojistik performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Burada kullanılan ağırlıklar bir önceki aşamada Bulanık AHP yöntemiyle elde edilmiştir.

Kriterlerden K1 ve K2 minimize edilmek istenen K3, K4 ve K5 ise maksimize edilmek istenen değerlerden oluşmaktadır. Her bir kritere karşılık gelen Dünya Bankasından elde edilen veriler Tablo 5’de görülmektedir. Ayrıca bu tabloda bir de Referans satırı bulunmakta, bu satır K1 Ve K2’nin en küçük diğer kriterlerin ise en büyük olduğu değere tekabül etmektedir. Eşitlik 14 ve 15 aracılığıyla Tablo 6’da bulunan normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuştur. Eşitlik 18 aracılığıyla Tablo 7’de bulunan mutlak değer tablosu oluşturulmuştur. Eşitlik 20 aracılığıyla ülkelerin kriterlere göre gri ilişkisel katsayıları hesaplanmış ve Tablo 8’de sunulmuştur. Burada  $\zeta$  literatüre uygun olarak 0,5 alınmıştır.

### 4. Aşama: Ülkelerin Lojistik Performans Sıralamasının Gerçekleştirilmesi

Eşitlik 22 ve Bulanık AHP yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları da kullanılarak ülkelerin ağırlıklı gri ilişkisel dereceleri ve lojistik performans sıralamaları elde edilmiştir ve Tablo 9’da gösterilmiştir.

**Tablo 4.** Kriterlerin Önem Dereceleri (Ağırlıkları)**W**

İhracat Teslim Süresi (K1)	0.296
İthalat Teslim Süresi (K2)	0.29
Ticaret ve Ulaşım İle İlgili Altyapının Kalitesi (K3):	0.241
Gönderilerin Planlanan Veya Beklenen Süre İçerisinde Alıcıya Ulaşma Sıklığı (K4):	0.142
Gönderileri Takip Etme Yeteneği (K5):	0.031

**Tablo 5.** Karar Matrisi

Ülkeler	K1	K2	K3	K4	K5
REFERANS	1	2	4.44	4.45	4.36
Türkiye	2	2	3.49	3.75	3.39
Almanya	3	3	4.44	4.45	4.27
Birleşik Krallık	2	3	4.21	4.33	4.13
İtalya	2	3	3.79	4.03	3.86
Yunanistan	3	3	3.32	3.85	3.59
Belçika	2	3	4.05	4.43	4.22
İspanya	3	4	3.72	4	3.82
Avusturya	2	2	4.08	4.37	4.36
Çek Cumhuriyeti	5	5	3.36	3.94	3.84
Avustralya	1	2	3.82	4.04	3.87

**Tablo 6.** Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Ülkeler	K1	K2	K3	K4	K5
REFERANS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Türkiye	0.750	1.000	0.152	0.000	0.000
Almanya	0.500	0.667	1.000	1.000	0.907
Birleşik Krallık	0.750	0.667	0.795	0.829	0.763
İtalya	0.750	0.667	0.420	0.400	0.485
Yunanistan	0.500	0.667	0.000	0.143	0.206
Belçika	0.750	0.667	0.652	0.971	0.856
İspanya	0.500	0.333	0.357	0.357	0.443
Avusturya	0.750	1.000	0.679	0.886	1.000
Çek Cumhuriyeti	0.000	0.000	0.036	0.271	0.464
Avustralya	1.000	1.000	0.446	0.414	0.495

**Tablo 7.** Mutlak Değer Tablosu

Ülkeler	K1	K2	K3	K4	K5
Türkiye	0.250	0.000	0.848	1.000	1.000
Almanya	0.500	0.333	0.000	0.000	0.093
Birleşik Krallık	0.250	0.333	0.205	0.171	0.237
İtalya	0.250	0.333	0.580	0.600	0.515
Yunanistan	0.500	0.333	1.000	0.857	0.794
Belçika	0.250	0.333	0.348	0.029	0.144
İspanya	0.500	0.667	0.643	0.643	0.557
Avusturya	0.250	0.000	0.321	0.114	0.000
Çek Cumhuriyeti	1.000	1.000	0.964	0.729	0.536
Avustralya	0.000	0.000	0.554	0.586	0.505

**Tablo 8.** Gri İlişkisel Katsayılar

Ülkeler	K1	K2	K3	K4	K5
Türkiye	0.666	1	0.371	0.333	0.333
Almanya	0.5	0.6	1	1	0.843
Birleşik Krallık	0.666	0.6	0.709	0.744	0.678
İtalya	0.666	0.6	0.463	0.454	0.492
Yunanistan	0.5	0.6	0.333	0.368	0.386
Belçika	0.666	0.6	0.589	0.946	0.776
İspanya	0.5	0.429	0.4375	0.4375	0.473
Avusturya	0.666	1	0.609	0.814	1
Çek Cumhuriyeti	0.333	0.333	0.341	0.407	0.482
Avustralya	1	1	0.474	0.46	0.497

DELTA MAKS 1

DELTA MİN 0

ζ 0.5



**Tablo 9.** Ağırlıklı Gri İlişkişel Dereceler ve Sıralama

Kriter Ağırlıkları	0.296	0.29	0.24	0.141	0.031	Γ	SIRALAMA
Ülkeler	K1	K2	K3	K4	K5		
Türkiye	0.667	1	0.371	0.333	0.333	0.634	6
Almanya	0.5	0.6	1	1	0.843	0.729	3
Birleşik Krallık	0.667	0.6	0.709	0.745	0.678	0.667	5
İtalya	0.667	0.6	0.463	0.455	0.492	0.562	7
Yunanistan	0.5	0.6	0.333	0.368	0.386	0.466	8
Belçika	0.667	0.6	0.589	0.946	0.776	0.67	4
İspanya	0.5	0.429	0.438	0.438	0.473	0.454	9
Avusturya	0.667	1	0.609	0.814	1	0.779	2
Çek Cumhuriyeti	0.333	0.333	0.341	0.407	0.483	0.35	10
Avustralya	1	1	0.475	0.461	0.497	0.78	1

## 5.Sonuç

Bu çalışmada bütünleşik olarak bulanık AHP ve GİA yöntemleri kullanılarak OECD üyesi 10 ülke için lojistik performans değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Literatürde Lojistik performans değerlendirme ile ilgili birçok çalışma mevcut olsa da, değerlendirme için bütünleşik olarak bulanık AHP ve GİA metodlarını kullanan başka bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışma bu yönüyle literatüre yeni bir katkı sağlamaktadır. Çalışmanın ayrı bir katkısı ise, ele alınan örnek vakada OECD üyesi 10 ülkenin lojistik performansları gerçek veriler ile değerlendirmesidir. Bu örnek vaka ile çalışma, uluslararası nitelikte bir performans değerlendirme örneği sunmuş olsa da; araştırmacılara farklı sektörlerde lojistik performans değerlendirme için farklı farklı kriterler ile kullanılabilir esnek bir metot önermektedir.

Ele alınan değerlendirme kriterleri ve bunların bulanık AHP yöntemiyle elde edilmiş ağırlıkları şu şekildedir: ihracat teslim süresi (0,296), ithalat teslim süresi (0,290), ticaret ve ulaşım ile ilgili altyapının kalitesi (0,241), gönderilerin planlanan veya beklenen süre içerisinde alıcıya ulaşma sıklığı (0,142), gönderileri takip etme yeteneği (0,031).

Ülkelerin lojistik performans sıralaması şu şekildedir; en yüksek performansa sahip olan ülke Avustralya olup onu sırasıyla Avusturya, Almanya, Belçika, Birleşik Krallık, Türkiye, İtalya, Yunanistan, İspanya ve Çek Cumhuriyeti takip etmektedir. Ülkelerin lojistik performanslarının öncelikle ithalat ve ihracat teslim sürelerine daha sonra ise kullandıkları altyapıların kalitesine bağlı olduğu sonucuna erişilmiştir.

## Kaynakça

Andersson, P., Aronsson, H. ve Storhagen, N. G. (1989). Measuring Logistics Performance. *Engineering Costs and Production Economics*, 17(1-4), 253-262.

Ahi, P. & Searcy, C. (2015). An Analysis of Metrics Used to Measure Performance in Green and Sustainable Supply Chains. *Journal of Cleaner Production*, 86,360-377.

Avelar-Sosa, L., García-Alcaraz, J. L., Vergara-Villegas, O. O., Maldonado-Macias, A. A. ve Alor-Hernández, G. (2015). Impact of Traditional and international logistic policies in supply chain performance. *Int J Adv Manuf Technol*, 76:913-925.

Bayraktutan, Y., Özbilgin, M. (2015). Lojistik Maliyetler ve Lojistik Performans Ölçütleri. *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 1-2, 95-112.

Cagliano, A.C.& Rafele, C. (2006). Using System Dynamics to Evaluate Logistic Performance. *International Meetings for Research in Logistics*, 445-457.

Caplice, C.& Sheffi, Y. (1995). A Review and Evaluation of Logistics Performance Measurement Systems. *The International Journal of Logistics Management*, 6,1, 61-74.

Chan, F. T. S., Chan, H.K., Lau, H. C. W., ve Ip, R. W. L. (2006). An AHP Approach in Benchmarking Logistics Performance of the Postal Industry, *Benchmarking: An International Journal*, 13 (6), 636-661.

Chang, D. Y. (1996). Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *Eur J Oper Res*, 95, 649-655.

Deng Julong (1982). Control Problems of Grey Systems, *Systems and Control Letters*, 5, 288-294.

Dünya Bankası. 2016. Lojistik Performans İndeksi. Erişim (30.08.2018) <https://data.worldbank.org/indicator/LP.LPI.OVRL.XQ?view=chart>

Erkan, B. (2014). The Importance and Determinants of Logistics Performance of Selected Countries, *Journal of Emerging Issues in Economics, Finance and Banking*, 3(6), 1237-1254.

- Fawcett, S. E. & Cooper, M. B. (1998). Logistics Performance Measurement and Customer Success. *Industrial Marketing Management*, 27(4), 341-357.
- Fugate, B. S., Autry, C. W., Davis-Sramek, B. ve Germain, R. N. (2012). Does Knowledge Management Facilitate Logistics-Based Differentiation? The Effect of Global Manufacturing Reach. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 496-509.
- Hanaoka, S. & Kunadhamraks, P. (2009). Multiple Criteria and Fuzzy Based Evaluation of Logistics Performance for Intermodal Transportation. *Journal of Advanced Transportation*, 43(2), 123-153.
- Hsiao, H., Kemp, R. G. M., Van der Vorst, J. G. A. J. ve Omta, S. O. (2010). A Classification of Logistic Outsourcing Levels and Their Impact on Service Performance: Evidence 117 from the Food Processing Industry. *International Journal of Production Economics*, 124(1), 75-86.
- Jothimani, D. & Sarmah, S. P. (2014). Supply Chain Performance Measurement for Third Party Logistics, Benchmarking: An International Journal, 21(6), 944-963.
- J. J. Buckley. (1985). Ranking Alternatives Using Fuzzy Numbers, *Fuzzy Sets Systems*, 15(1), 21-31.
- Kazancoglu, Y., Kazancoglu, I. ve Sagnak, M. (2018) Fuzzy DEMATEL-Based Green Supply Chain Management Performance: Application in Cement Industry. *Industrial Management & Data Systems*, 118(2), 412-431.
- Korpela, J. & Tuominen, M. (1996). Benchmarking Logistics Performance with an Application of the Analytic Hierarchy Process. *Engineering Management, IEEE Transactions*, 43(3), 323-333.
- Lai, K. H., Bao, Y. & Li, X. (2008). Channel Relationship and Business Uncertainty: Evidence from the Hong Kong Market. *Industrial Marketing Management*, 37(6), 713-724.
- Lin, P. C. & Cheng, T. C. E. (2018) The Diffusion and the International Context of Logistics Performance. *International Journal of Logistics Research and Applications*, DOI:10.1080/13675567.2018.1510907.
- Liu, C. L. & Lyons, A. C. (2011). An Analysis of Third-Party Logistics Performance and Service Provision. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(4), 547-570.
- Özceylan, E., Çetinkaya, C., Erbas, M. ve Kabak, M. (2016). Logistic Performance Evaluation of Provinces in Turkey: A GIS-Based Multi-Criteria Decision Analysis. *Transportation Research Part A*, 94, 323-337.
- Piriyakul, M. (2011). A Partial Least Squares Model for SCM Strategy, Willingness for External Collaboration, Competitive Performance and Relative Performance: Effects of Marketing and Logistics Performance in the Palm Oil Industry. *African Journal of Business Management*, 5(4), 1431-1440.
- Puertas, R., Marti', L. ve Garcia, L. (2014). Logistics Performance and Export Competitiveness: European Experience. *Empirica*, 41, 467-480.
- Ramanaa, D.V., Raob, K.N. ve Kumara, J. S. (2013). Evaluation of Performance Metrics of Leagile Supply Chain Through Fuzzy MCDM. *Decision Science Letters*, 2, 211-222.
- Ramanathan, R. (2010). The Moderating Roles of Risk and Efficiency on the Relationship between Logistics Performance and Customer Loyalty in e-commerce. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(6), 950-962.
- T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı. (2017). Lojistik Performans İndeksi 2016 Ekonomik Analiz ve Değerlendirme Dairesi, Ankara.
- Van-Laarhoven, P. J. M. ve Pedrycz, W. (1983). A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 11, 229-241.
- Wang, M., Jie, F. ve Abareshi, A. (2015). Business Logistics Performance Measurement in Third-Party Logistics: An Empirical Analysis of Australian Courier Firms. *International Journal of Business and Information*, 10(3), 323-336.
- Wu, H. H. (2002). A Comparative Study of Using Grey Relational Analysis in Multiple Attribute Decision Making Problems. *Quality Engineering*, 15(2), 209-217.