

Araştırma Makalesi

Ülkelerin lojistik performanslarının Entropi tabanlı TOPSIS yöntemine göre sıralanması

Maruf Gögebakan

Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Bölümü, Denizcilik Fakültesi, Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi,
Bandırma, Türkiye

*Correspondence: mgogebakan@bandirma.edu.tr

DOI: 10.51513/jitsa.1128888

Özet: Günümüz dünyasında ülkeler arasındaki ticaretin artması ve çeşitlenmesi lojistik faaliyetlerini oldukça önemli bir yere taşımaktadır. Ülkeler rekabet gücü ve ekonomik üstünlük elde etmek için lojistik performanslarını etkileyen unsurları belirleyerek performanslarını arttırmaya çalışmaktadır. Lojistik performans değerlendirmelerine göre buldukları sıralamalar uluslararası ticarete ülkelere oldukça önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu nedenle, Dünya Bankası iki yılda bir 160 ülkenin Lojistik Performans Endeksini (LPI) hesaplayıp ülkelerin sıralamalarını raporlamaktadır. Bu çalışmada, lojistik performansı etkileyen göstergelerin önem derecesine göre yeniden sıralanması için Entropi tabanlı TOPSIS yöntemine dayalı yeni bir sıralama ve değişken seçim yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yöntemde değişkenlerin ağırlıklandırılması Entropi yöntemine dayalı belirlenip TOPSIS yöntemi ile sıralama skorlarının belirlenmesi için algoritma kullanılmıştır. Ağırlıklandırılmış değişkenlere göre sıralama yöntemi sonuçlarına dayanarak ülkelerin sıralamalarındaki değişiklikler belirlenmiş ve nedenleri tespit edilmiştir. Değişken seçimi ile ağırlıklandırma ile yapılan sıralamada 65 ülkenin sıralaması yükselirken 76 ülkenin sıralaması düşmüş ve 19 ülkenin sırasında bir değişiklik gözlenmemiştir. Ağırlıklandırma yöntemine göre ülkelerin lojistik performansı üzerindeki en etkili değişken %23 ile altyapı göstergesi olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Lojistik, lojistik performans endeksi, entropi, TOPSIS, değişken seçimi

Ranking of the logistic performances of the countries according to the Entropy-based TOPSIS method and variable selection

Abstract: In today's world, the increase in trade between countries carries logistics activities to a very important place. Countries are trying to increase their performance by determining the factors affecting their logistics performance in order to gain competitive power and economic advantage. Ranking according to logistics performance evaluations provides significant advantages to countries in international trade. For this reason, the World Bank calculates the Logistics Performance Index (LPI) of 160 countries every two years and reports the rankings of the countries. In this study, a new ranking and variable selection approach based on the Entropy-based TOPSIS method is proposed to reorder the indicators affecting logistics performance according to their importance. In the proposed method, the weighting of the variables was determined based on the Entropy method, and the algorithm was used to determine the ranking scores with the TOPSIS method. Based on the results of the ranking method according to the weighted variables, the changes in the rankings of the countries were determined and the reasons were determined. In the ranking made by variable selection and weighting, the ranking of 65 countries increased, while the ranking of 76 countries decreased and no change was observed in the order of 19 countries. According to the weighting method, the most influential variable on the logistics performance of the countries was the infrastructure indicator with 23%.

Key words: Logistics, logistics performance index, entropy, TOPSIS, variable selection

* Corresponding author.

E-mail address: mgogebakan@bandirma.edu.tr

ORCID: 0000-0003-0447-8311 (in hierarchical order)

Received 10.06.2022; accepted 23.08.2022

Peer review under responsibility of Bandırma Onyedi Eylül University.

1. Giriş

Ülkelerin lojistik performanslarının belirlenmesi ekonomik ve sosyal yapılarını önemli ölçüde öngörülebilir kılmaktadır. Gelişen ve büyüyen lojistik ekosisteminde her bir ülkenin lojistik avantaj ve dezavantajlarını belirlemesi o ülkeyi rekabet edebilir hale getirmektedir (Chow et al, 1994). Lojistik performans endeksi (LPI), ülkeler arasında rekabete dayalı ticaretin gelişmesi amacıyla Dünya Bankası tarafından geliştirilmiştir. Geliştirilen bu endekste; Gümrük, altyapı, uluslararası gönderiler, lojistik hizmet kalitesi, gönderilerin izlenme ve takibi, gönderilen ürünlerin zamanında teslimi alt göstergelerine dayalı performans ölçümü yapılabilmektedir (Dünya Bankası, 2022).

Ülkelerin lojistik göstergelerinde olduğu gibi çoklu kriterler arasında en optimum göstergeye dayalı ülke performansını belirlemek için İstatistiksel yöntemler kullanılmaktadır (Caplice and Sheffi, 1995) Çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to İdeal Solution) ile Ülkelerin Lojistik performanslarını etkileyen faktörler belirlenebilmektedir (Oğuz vd, 2019). Lojistik göstergeler arasındaki farklılıkları baz alan Entropi yöntemine dayalı ağırlıklandırma ile çok kriterli karar verme modeli ülkelerin lojistik performanslarını sıralamada bütünleşik bir model olarak kullanılabilir.

Çok kriterli karar verme yöntemlerinde optimum çözüme ulaşabilmek için seçim yapılacak kriterlerin önceliğinin belirlenmesi farklı yöntemlerle belirlenebilmektedir. Bu istatistiksel yöntemler farklı yaklaşımlarla her bir değişkene ağırlıklar atamaktadır. Bu ağırlıklandırma yöntemi eşit ağırlıklandırma, olasılıksal veya deterministik ağırlıklandırma olarak belirlenen ağırlıkları atama yapma şeklinde hangi değişkenin daha etkin olduğunu belirlemeye çalışmaktadır (Dos Santos et al, 2019).

Biyodizel hammadde seçim stratejilerinin sürdürülebilirliği ile ilgi çalışmada TOPSİS ve karar matrisinin seçim kriteri için ağırlıklandırmada farklı birkaç yöntem kullanılmıştır. Çalışmada Hammaddelerin kimyasal, asidik özellikleri ve biyodizel maliyetleri gibi on beş değişkene dayalı sıralama ölçüsü olarak TOPSİS kullanılmıştır. Değişkenlerin değerlerine göre kriterlerin ağırlıklandırılması için Entropi, AHP ve FAHP gibi yöntemler kullanılmıştır (Anwar, 2021).

Hata Türleri ve Etki Analizi için çok kriterli karar yöntemlerine dayalı bir çözüm yöntemi önerilmiştir. Risk kriterleri için Entropi, Critic ve PSI yöntemlerinden elde edilen ağırlık katsayılarının geometrik ortalaması ile yeni bir ağırlıklandırma yöntemi geliştirilmiştir. Elde edilen yeni ağırlıklar ile değişkenler üzerinde Etki analizi yapılmıştır (Uslu vd, 2022)

Dünyadaki 81 ülkeye ait üniversitelerinin performanslarının karşılaştırılması için ağırlıklandırma yöntemi olarak Critic ve Entropi yöntemleri ile Topsis, Maut, Saw ve Aras gibi Yöntemlere dayalı çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemde ağırlıklandırma yöntemleri ile sıralamada kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden bütünleşik bir yöntem elde edilmiştir (Parlar ve Palancı, 2020).

Başka bir Kriter ağırlıklandırma ile karar analizi için bütünleşik çalışmada akılla saat markalarının kullanıcı tercihiine dayalı belirlenmesi üzerine yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemde ağırlıklandırma için Critic ve karar yöntemi için Maut kullanılmıştır (Bulğurcu, 2019).

Lojistik performansların değerlendirilmesi ve ülkelerin lojistik performanslarının sıralanması için eşit ağırlıklandırma yöntemine dayalı TOPSİS yöntemi kullanılmıştır. Yedi Asya ülkesinin Lojistik Performans Endeksinin 6 farklı göstergeye göre belirlenmesinde TOPSİS yöntemi ile elde edilen bulgularda Singapur'un performansının en iyi olduğu gösterilmiştir (Oğuz vd, 2019).

Türkiye'nin coğrafi bölgelerinin lojistik performanslarının belirlenmeye çalışıldığı bütünleşik karar verme çalışmasında AHP ile kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş ve TOPSİS ile kriterler arasından optimum çözüm elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ağırlıklandırılmış lojistik performansı en yüksek bölge Marmara Bölgesi olurken en düşük performans sergileyen doğu Anadolu Bölgesi olmuştur (Gergin, 2014).

Küme sayısının belirlenmesinde bilgi kriterlerinden kaynaklı hatayı en aza indirmek için çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden TOPSİS kullanılmıştır. TOPSİS yöntemi ile bilgi kriterlerinden karar matrisi elde edilerek küme sayısı belirlemede modele dayalı yöntemler kullanılmıştır (Akoğul vd, 2020).

Önerilen yeni sıralama ve gösterge (değişken) seçimi için ağırlıklandırma yaklaşımında Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi uygulanmıştır. ÇKKV yöntemlerinden verilerin yapısına ve değişken sayısına göre optimum çözüme en yakın yaklaşım TOPSIS yöntemi ile elde edilmektedir. TOPSIS yönteminin tek sübjektif yanı ağırlıklandırma matrisinin oluşturulmasıdır. Bu matris oluşturulurken farklı yöntemlerle ağırlık hesaplamaları yapılmaktadır. Bu yöntemler arasında en çok kullanılan ve göstergeler (değişkenler) arasındaki farklara göre hassasiyet gösteren Entropi yöntemidir (Li et al, 2021).

Bu çalışmada, Dünya Bankasının 160 ülkenin lojistik performanslarını belirlemek amacıyla oluşturduğu 2022 yılı LPI verilerine dayalı Entropi ve TOPSIS yöntemi ile sıralanması ve alt göstergelerin (değişkenlerin) önem derecelerine göre belirlenmesi amaçlanmıştır. Dünya Bankasının lojistik performansı ölçmek amacıyla belirlediği 6 göstergeye (değişkene) göre belirlediği sıralamaya alternatif olarak değişken ağırlıklı sıralama önerilmiştir. Bu amaçla Entropi ve TOPSIS yöntemine dayalı LPI verilerine göre ülkeler yeniden sıralanmış ve göstergelere göre ülkelerin avantaj ve dezavantajları belirlenmiştir. TOPSIS ve Entropi yöntemlerinde matrislerin oluşturulması korelasyon hesabı ve ağırlıklandırma için istatistiksel hesaplamalarda R paket programı kullanılmıştır

2. Veri seti ve yöntem

Gümrük, Altyapı, Uluslararası gönderiler, Lojistik hizmet kalitesi, İzleme ve takip, Zamanında İletim (Teslim) olmak üzere Dünya Bankası tarafından 2 yılda bir olmak üzere 6 alt gösterge ile 160 ülkenin lojistik performansları değerlendirilmektedir. Lojistik Performansın alt göstergeleri, lojistik sektöründe faaliyet gösteren işletme ve kurumların katıldığı uluslararası bir ankete dayanarak belirlenmektedir. Anket ölçeği, lojistiğin farklı alanlarında görev yapan 800'den fazla profesyonelin katkılarıyla hazırlanmış olup ve katılımcılardan en çok ilişkide buldukları ülkeleri puanlamaları istemiştir. Elde edilen veriler temel bileşenler analizi ile altı alt göstergeye indirgenmiş ve her bir alt gösterge 1-5 arasında puanlanmıştır. Elde edilen sonuçlarda yüksek puan iyi performansı yansıtmakta olup puanların aritmetik ortalaması alınarak LPI hesaplanmıştır (Martı, Martin, & Puertas, 2017). Bu çalışmada sıralama için Dünya Bankasının LPI verileri kullanılmıştır.

2.1. Entropi ağırlıklandırma yöntemi

Entropi, Shannon tarafından sistem içindeki düzensizliği analitik olarak ölçmek üzere geliştirilmiş bir yöntemdir (Shannon, 1948). Sistemdeki düzensizlik ile Entropi arasında pozitif yönlü korelasyon bulunmaktadır. Sistemin Bilgi Entropisi teorisine göre, çok kriterli sistemlerin optimum çözümünün doğruluğu ve güvenilirliği kaliteli ve doğru bilgiye dayalıdır. Karar verme sürecinde bilginin yeterliliği ve kalitesi, karar verme probleminin güvenilirliğini ve doğruluğunu belirleyen faktörlerden biridir (Wu et al, 2011).

Entropi yöntemini kullanan ağırlıklandırma algoritmasının basamakları aşağıdaki gibi elde edilmektedir

1. Karar matrisindeki elemanlar normalleştirilerek $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}$ değerleri ile $R = [r_{ij}]_{m \times n}$ normalleştirilmiş matris elde edilir.
2. Normalleştirilmiş kriterlerden Entropi değeri $e_j = -h \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln(r_{ij})$ denklemi yardımıyla elde edilir. Burada $j = 1, \dots, n$ ve m alternatif kriter sayısını göstermek üzere Entropi sabiti alternatif kriter sayısından $h = \frac{1}{\ln(m)}$ şeklinde hesaplanır.
3. Entropi için ağırlık vektörü $w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}$ şeklinde Entropi değerlerinden hesaplanır. Burada $d_j = 1 - e_j$ Entropideki bilginin farklılaşması olarak adlandırılmaktadır. d_j değerlerinin büyüklüğü kriterlere karşılık gelen alternatifler arasındaki farkın küçüklüğü ile ölçülmektedir.

2.2. TOPSIS yöntemi

LPI veri setinin her bir değişkeninden elde edilen verilerin optimize edilmesinde çok değişkenli kriter belirleme metodu olan TOPSIS kullanılmıştır (Hwang and Yoon, 1981; Chang, 2015). TOPSIS kriterler

arasından en iyi alternatifin belirlenerek ideale en yakın negatif ideale ise en uzak çözümün belirlenmesinde kullanılmaktadır (Tzeng and Huang, 2011).

Çok değişkenli veriden ideal çözüm elde etmek için TOPSIS yöntemi için geliştirilen algoritmanın altı basamağı aşağıdaki gibi gösterilmiştir.

1. **Karar matrisi:** Veri setinden elde edilen $m \times n$ boyutlu, n adet belirleme ve m adet alternatif kriterden meydana gelen karar matrisi

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$
 şeklinde oluşturulmaktadır. $D = [x_{ij}]_{m \times n}$ şeklinde gösterilir. Burada $i = 1, \dots, m$ ve $j = 1, \dots, n$ olmak üzere d_{ij} elemanı i . alternatif kriterinin j . belirleme kriterine göre önem seviyesini göstermektedir.

2. **Normalize karar matrisi:** D karar matrisinin elemanlarından $r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}$ eşitliğine göre elde edilen her bir r_{ij} elemanlarının oluşturduğu Normalize karar matris $N = [r_{ij}]_{m \times n}$ şeklinde gösterilir.

3. **Ağırlıklandırılmış Normalize matris:** Normalize matrisin her bir r_{ij} elemanı $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ olacak şekilde w_j olasılık ağırlığı ile çarpılarak teki her bir eleman belirlenen bir yöntem ile hesaplanan $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ olacak şekilde w_j bileşen karma olasılık ağırlığı ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matrisin $v_{ij} = w_j r_{ij}$ elemanları elde edilir. $V = [v_{ij}]_{m \times n}$ ağırlıklandırılmış normalize matrisinde olasılık ağırlıkları Entropi yöntemi ile elde edilmiştir.

4. **İdeal ve negatif ideal çözümler:** Ağırlıklandırılmış normalize matrisin (V) sütunlarındaki belirleme kriterlerinden elde edilen değerler optimizasyon (minimizasyon) için kullanılır. Matrisin sütunlardaki minimum değerli elemanlar $A^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_k^+\}$ ideal çözümleri, maksimum değerli elemanlar ise $A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_k^-\}$ negatif ideal çözümleri oluşturacak şekilde belirlenir. Eğer problemin çözümünde maksimizasyon yaklaşımı kullanılacak ise ideal ve negatif ideal elemanları tam tersi olarak belirlenir.

5. **İdeal ve negatif ideal ayırım ölçüleri:** İdeal ve negatif ideal noktalara olan uzaklıklar Öklid uzaklığı ile elde edilir. S_i^+ ve S_i^- ölçülerinin sayısı alternatif elemanların sayısına eşit olacak şekilde $S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}$ ideal ayırım ve $S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$ negatif ideal ayırım ölçüleri olarak hesaplanır.

6. **İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması:** İdeal ve negatif ideal ayırım ölçüleri kullanılarak alternatifler için ideal çözüme göreli yakınlık değeri $C_i^+ = S_i^- / (S_i^- + S_i^+)$ olacak şekilde hesaplanır. Burada $0 \leq C_i^+ \leq 1$ olacak şekilde $C_i^+ = 1$ alternatifin ideal çözüme, $C_i^+ = 0$ alternatifin negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

3. Bulgular

160 ülkenin Entropi ile ağırlıklandırma ve TOPSIS ile sıralama yöntemi LPI verilerine uygulanmış ve ülkelere ait yeni sıralamalar elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan veri setinde 160 ülke bulunmasından dolayı Entropi ve TOPSIS matrislerinde bulunan tüm ülkelerin değerlerini temsilen ilk 10 ülke ve son 3 ülkenin değerlerine yer verilmiştir. Dünya Bankasının 160 ülkenin lojistik performanslarını belirlediği 6 gösterge CUST=Gümrük, INF= Altyapı, INTSHIP= Uluslararası gönderiler, LOGCOM=Lojistik hizmet kalitesi, TRACTRACE= İzleme ve takip ve TIME= Zamanında İletim olarak matrislere işlenmiştir. Ülkelerin lojistik performanslarının değerlendirildiği 6 göstergeye ait veriler karar matrisinde Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Ülkelerin 6 göstergeye göre skorları ve sıralamalarını gösteren Karar Matrisi

Ülkeler/Göstergeler	Cust	Inf	Intship	Logcom	Tractrace	Time
1 Almanya	4,09	4,37	3,86	4,31	4,24	4,39
2 İsveç	4,05	4,24	3,92	3,98	3,88	4,28
3 Belçika	3,66	3,98	3,99	4,13	4,05	4,41
4 Avusturya	3,71	4,18	3,88	4,08	4,09	4,25
5 Japan	3,99	4,25	3,59	4,09	4,05	4,25
6 Hollanda	3,92	4,21	3,68	4,09	4,02	4,25
7 Singapur	3,89	4,06	3,58	4,1	4,08	4,32
8 Danimarka	3,92	3,96	3,53	4,01	4,18	4,41
9 Birleşik Krallık	3,77	4,03	3,67	4,05	4,11	4,33
10 Finlandiya	3,82	4	3,56	3,89	4,32	4,28
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
158 Burundi	1,69	1,95	2,21	2,33	2,01	2,17
159 Angola	1,57	1,86	2,2	2	2	2,59
160 Afganistan	1,73	1,81	2,1	1,92	1,7	2,38

Çok kriterli karar verme yöntemlerindeki kriterlerin alternatiflerinin belirlenmesinde hangi değişken veya kriterin daha etkin olduğu önemli bir göstergedir. Bu nedenle kriterleri yapılacak olan seçimlere göre ağırlıklandırmak oldukça önemli ve sonuçlar üzerinde etkilidir. Bu nedenle değişkenlerin ağırlıklarının belirlenmesinde kriterler arasındaki farkın dikkate alınarak hesaplandığı Entropi yöntemi kullanılmıştır. Lojistik göstergelerin değerlerinin bulunduğu karar matrisi Entropi yönteminin 1. adımındaki gibi normalleştirilmiş ve Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Ülkelerin gösterge skorları kullanılarak normalleştirilmiş karar matrisi

Ülkeler/Göstergeler	Cust	Inf	Intship	Logcom	Tractrace	Time
1 Almanya	0,009563	0,010031	0,008525	0,009566	0,009134191	0,008478
2 İsveç	0,009469	0,009733	0,008657	0,008834	0,008358646	0,008265
3 Belçika	0,008557	0,009136	0,008812	0,009167	0,008724876	0,008516
4 Avusturya	0,008674	0,009595	0,008569	0,009056	0,008811047	0,008207
5 Japan	0,009329	0,009756	0,007929	0,009078	0,008724876	0,008207
6 Hollanda	0,009165	0,009664	0,008127	0,009078	0,008660247	0,008207
7 Singapur	0,009095	0,009319	0,007907	0,0091	0,008789504	0,008342
8 Danimarka	0,009165	0,00909	0,007796	0,0089	0,009004933	0,008516
9 Birleşik Krallık	0,008814	0,009251	0,008105	0,008989	0,008854133	0,008362
10 Finlandiya	0,008931	0,009182	0,007862	0,008634	0,009306534	0,008265
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
158 Burundi	0,003951	0,004476	0,004881	0,005172	0,004330123	0,00419
159 Angola	0,003671	0,004269	0,004859	0,004439	0,004308581	0,005002
160 Afganistan	0,004045	0,004155	0,004638	0,004262	0,003662293	0,004596

Normalleştirilmiş karar matrisinden Entropi yönteminin 2. adımındaki gibi gösterge skorlarından Entropi değerleri elde edilmiş ve Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 3. Ülkelerin gösterge skorlarından elde edilen Entropi değerleri

Ülkeler/Göstergeler	Cust	Inf	Intship	Logcom	Tractrace	Time	
1	Almanya	-0,04446	-0,04616	-0,04062	-0,04448	-0,0428917	-0,04044
2	İsveç	-0,04412	-0,04508	-0,04112	-0,04178	-0,039991599	-0,03964
3	Belçika	-0,04074	-0,0429	-0,0417	-0,04301	-0,04136967	-0,04059
4	Avusturya	-0,04118	-0,04458	-0,04079	-0,0426	-0,041691664	-0,03942
5	Japan	-0,04361	-0,04517	-0,03835	-0,04268	-0,04136967	-0,03942
6	Hollanda	-0,04301	-0,04483	-0,03911	-0,04268	-0,041127617	-0,03942
7	Singapur	-0,04275	-0,04357	-0,03827	-0,04277	-0,041611245	-0,03993
8	Danimarka	-0,04301	-0,04273	-0,03784	-0,04202	-0,04241308	-0,04059
9	Birleşik Krallık	-0,0417	-0,04332	-0,03903	-0,04235	-0,041852344	-0,04
10	Finlandiya	-0,04214	-0,04307	-0,0381	-0,04103	-0,043527018	-0,03964
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
158	Burundi	-0,02187	-0,02421	-0,02598	-0,02723	-0,023565221	-0,02294
159	Angola	-0,02058	-0,0233	-0,02588	-0,02405	-0,023469471	-0,0265
160	Afganistan	-0,02229	-0,02278	-0,02492	-0,02326	-0,020544242	-0,02474

Entropi değerlerine göre her bir göstergenin kriterleri arasındaki farkı elde edilmiş ve bu fark değeri ile göstergelerin ağırlıkları Tablo 4’te gösterilmiştir.

Tablo 4. Ülkelerin göstergelerine ait Entropi, bilgi farkı ve ağırlık skorları

	Cust	Inf	Intship	Logcom	Tractrace	Time
ej	0,995555	0,994225	0,996787	0,995552	0,995706932	0,996918
dj	0,004445	0,005775	0,003213	0,004448	0,004293068	0,003082
wj	0,175986	0,22867	0,127209	0,176126	0,169987603	0,122021

Entropi yöntemi ile LPI veri seti üzerinde 6 göstergenin ağırlıkları belirlenmiş ve en etkili değişkenin 0.228 ile altyapı değişkeni olduğu görülmüştür. Lojistik performansı etkileyen göstergelerin önemini belirlemek üzere yapılan istatistiksel çalışmalarda altyapı değişkeninin en önemli değişken olduğunu görülmektedir (Akdamar ve ark. 2021). Ülkelerin lojistik performanslarını artırmaları altyapıya verecekleri önemle daha hızlı bir şekilde artacağı öngörülmüştür.

Entropi yöntemi ile elde edilen ağırlıklar kullanılarak Karar matrisinden optimum çözüme ulaşmak ve ülkelerin sıralamalarının belirlenmesi için TOPSIS yöntemi uygulanmıştır. TOPSIS yöntemi de Entropi gibi değişken değerlerinin bulunduğu karar matrisini kullanmaktadır. TOPSIS yönteminin 2. adımındaki gibi gösterge skorları normleştirilerek normleştirilmiş karar matrisi elde edilmiştir. Normleştirilmiş karar matrisi Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5. Ülkelerin gösterge skorlarından elde edilen normleştirilmiş karar matrisi

Ülkeler/Göstergeler	Cust	Inf	Intship	Logcom	Tractrace	Time	
1	Almanya	0,118243	0,123186	0,106099	0,118272	0,113058366	0,105587
2	İsveç	0,117087	0,119521	0,107748	0,109216	0,103459071	0,102942
3	Belçika	0,105812	0,112192	0,109672	0,113332	0,107992071	0,106068
4	Avusturya	0,107257	0,11783	0,106649	0,11196	0,10905866	0,10222
5	Japan	0,115352	0,119803	0,098677	0,112235	0,107992071	0,10222
6	Hollanda	0,113328	0,118675	0,101151	0,112235	0,10719213	0,10222
7	Singapur	0,112461	0,114447	0,098403	0,112509	0,108792013	0,103904
8	Danimarka	0,113328	0,111628	0,097028	0,110039	0,111458483	0,106068
9	Birleşik Krallık	0,108992	0,113601	0,100876	0,111137	0,109591954	0,104144
10	Finlandiya	0,110437	0,112756	0,097853	0,106746	0,115191543	0,102942
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
158	Burundi	0,048858	0,054968	0,060746	0,063938	0,053596065	0,052192
159	Angola	0,045389	0,052431	0,060471	0,054882	0,053329418	0,062294
160	Afganistan	0,050015	0,051022	0,057722	0,052687	0,045330005	0,057243

Lojistik performans verilerindeki göstergelerin normleştirilmiş değerleri TOPSIS yönteminin 3. adımındaki gibi Entropi ile elde edilen ağırlıklarla çarpılarak ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilmiştir. Ağırlıklandırılmış karar matrisi Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6. Entropi ağırlıkları ile elde edilen ağırlıklandırılmış karar matrisi

Ülkeler/Göstergeler	Cust	Inf	Intship	Logcom	Tractrace	Time	
1	Almanya	0,020809	0,028169	0,013497	0,020831	0,019219	0,012884
2	İsveç	0,020606	0,027331	0,013707	0,019236	0,017587	0,012561
3	Belçika	0,018621	0,025655	0,013951	0,019961	0,018357	0,012943
4	Avusturya	0,018876	0,026944	0,013567	0,019719	0,018539	0,012473
5	Japan	0,0203	0,027395	0,012553	0,019767	0,018357	0,012473
6	Hollanda	0,019944	0,027137	0,012867	0,019767	0,018221	0,012473
7	Singapur	0,019792	0,026171	0,012518	0,019816	0,018493	0,012678
8	Danimarka	0,019944	0,025526	0,012343	0,019381	0,018947	0,012943
9	Birleşik Krallık	0,019181	0,025977	0,012832	0,019574	0,018629	0,012708
10	Finlandiya	0,019435	0,025784	0,012448	0,018801	0,019581	0,012561
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
158	Burundi	0,008598	0,01257	0,007727	0,011261	0,009111	0,006369
159	Angola	0,007988	0,011989	0,007692	0,009666	0,009065	0,007601
160	Afganistan	0,008802	0,011667	0,007343	0,00928	0,007706	0,006985

Ağırlıklandırılmış karar matrisinin sütunlarındaki değerler ile ideal ve negatif ideal değerleri belirlenmiştir. Bu değerler karar matrisinin kriterleri ve alternatifleri için optimizasyon değerleridir. Ülkelerin göstergelerine ait ideal ve negatif ideal değerleri Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Ülkelerin göstergelerine ait ideal ve negatif ideal çözüm skorları

	Cust	Inf	Intship	Logcom	Tractrace	Time
V+	0,020809	0,028169	0,013951	0,020831	0,019581	0,012943
V-	0,007988	0,010056	0,006294	0,009086	0,007434	0,005987

Karar matrisindeki kriterler yani ülkelerin lojistik performanslarını belirleyen 6 gösterge sıralanışa pozitif ideal yani fayda kriteri olarak yansımıştır. Ülke göstergelerinin ideal ve negatif ideal skorlarından ideal çözüme yakınlık değerleri TOPSIS yönteminin 5. adımındaki gibi hesaplanmış ve bu Öklid uzaklıklarına göre hesaplanan uzaklıklar ideal çözüme göreli yakınlıklar ve yeni ülke puanları Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Ülkelerin ideal çözüme göreli yakınlık skorları ve yeni ülke puanları

Ülkeler/Göstergeler	S+	S-	P	
1	Almanya	0,000584426	0,029474	0,980557
2	İsveç	0,002733206	0,027603	0,909902
3	Belçika	0,003655225	0,026477	0,878692
4	Avusturya	0,002815819	0,027113	0,905916
5	Japan	0,002379528	0,027693	0,920874
6	Hollanda	0,002487336	0,027395	0,916762
7	Singapur	0,003060541	0,026832	0,897616
8	Danimarka	0,003581165	0,026567	0,881213
9	Birleşik Krallık	0,003353522	0,026496	0,887653
10	Finlandiya	0,003755264	0,026485	0,875818
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
158	Burundi	0,025992303	0,004054	0,134929
159	Angola	0,027001639	0,003362	0,110712
160	Afganistan	0,027750743	0,002338	0,077708

Ülkelerin Entropi ile gösterge ağırlıklarının belirlenmesine dayalı TOPSIS ile yeniden sıralanması için elde edilen ülke puanlarına göre yeniden skorlar elde edilmiş ve Tablo 9’da gösterilmiştir. Tabloda LPI verisi sıralama skoru, Entropiye dayalı TOPSIS skoru (E+T), LPI verisine göre sıralamaları (LPI_R) ve Entropi-TOPSIS yöntemine dayalı sıralamaları (E+T_R) olarak gösterilmiştir.

Tablo 9. Ülkelerin LPI, Entropi-TOPSIS skorları, LPI ve Entropi-TOPSIS sıralamaları

Ülkeler/Göstergeler	LPI	E+T	LPI_R	E+T_R	
1	Almanya	4,2	0,980557	1	1
2	İsveç	4,05	0,909902	2	4
3	Belçika	4,04	0,878692	3	9
4	Avusturya	4,03	0,905916	4	5
5	Japan	4,03	0,920874	5	2
6	Hollanda	4,02	0,916762	6	3
7	Singapur	4	0,897616	7	6
8	Danimarka	3,99	0,881213	8	8
9	Birleşik Krallık	3,99	0,887653	9	7
10	Finlandiya	3,97	0,875818	10	10
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
158	Burundi	2,06	0,134929	158	157
159	Angola	2,05	0,110712	159	159
160	Afganistan	1,95	0,077708	160	160

Ülkelerin LPI sıralamaları ve Entropi-TOPSIS sıralamaları arasında Spearman korelasyon analizi ile sıralama karşılaştırılması yapılmıştır. Spearman korelasyon katsayısı 0.996 değeri ile %99 uyumlu çıkmıştır. Spearman test istatistikleri Tablo 10’da gösterilmiştir.

Tablo 10. Spearman test istatistikleri

	LPI R	E+T R
LPI R	1	0,9965*
E+T R	0,9965*	1

*Spearman korelasyon katsayısı $\alpha=0,01$ için anlamlı.

4. Sonuç ve tartışma

Ülkelerin ticari ilişkilerinde sadece fiyat rekabetine dayalı performanslarının değerlendirilmesi günümüz koşullarında çok yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle ülkelerin konumu, belirledikleri strateji ve lojistik yaklaşımları performanslarını oldukça etkilemektedir. Gelişen ülkeler arası ticaret ve zorlu rekabet koşullarında ülkelerin birbirlerine göre ticari konumlarını bilmeleri güçlü ve zayıf yanlarını belirlemelerinde oldukça kilit rol oynamaktadır. Ülkelerin lojistik altyapı ve zamanında gönderi göstergelerindeki iyileştirmeler rekabet gücü ve ekonomik gelişmeye katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada; Dünya Bankası tarafından lojistik performansları ölçülen 160 ülkenin 2022 LPI verileri kullanılmıştır. Ülkelerin lojistik performanslarını etkileyen kriterlerin önem derecesi Entropi yöntemi ile belirlenip TOPSIS yöntemine göre sıralamaları yeniden elde edilmiştir. Ülkelerin lojistik performanslarını arttırmaları için hangi göstergede ne durumda olduklarını belirleyebilmeleri sıralamalarının iyileşmesinde önemlidir. Bu nedenle Entropi ile değişkenlerin ağırlıklandırılması ve önemli göstergelerin öne çıkarılması performans iyileştirilmesinde kilit rol oynamaktadır.

Lojistik performansları değerlendirilen 160 ülkenin, gümrük, altyapı, uluslararası gönderiler, lojistik hizmet kalitesi, izleme ve takip, zamanında İletim göstergelerine göre Entropi ile değişken seçimi yapıldığında en etkili değişken altyapı olarak belirlenmiştir. Bu sonuçtan yola çıkarak ülkelerin lojistik altyapılarına yaptıkları 1 birimlik iyileştirme ile lojistik performanslarını yaklaşık olarak %23 arttıracakları görülmüştür. Entropi ağırlıklandırma sonuçlarına göre diğer etkili göstergeler sırasıyla, lojistik hizmet kalitesi ve gümrük (iki değişken çok yakın ağırlığa sahiptir), izleme ve takip, uluslararası gönderiler ve en az etkiye sahip gösterge zamanında iletim değişkenidir.

Lojistik performans endeksine göre ilk 10 ülkenin Entropi ağırlıklı TOSIS ile yeniden sıralamalarına bakıldığında Japonya ve Hollanda’nın 3 sıra yükseldiği ve Belçika’nın 6 sıra gerilediği görülmüştür. Danimarka ve Almanya’nın sıralamalarında bir değişiklik gözlenmezken Birleşik Krallık 2, Singapur 1 sıra yükselmiş aynı zamanda Avusturya 1, İsveç 2 sıra gerilemiştir. Ülkelerin geneline bakıldığında 76 ülkenin sıralamaları gerilerken 65 ülkenin sıralaması artmış ve 19 ülkenin sıralamasında bir değişiklik gözlenmemiştir.

Bu sıralamada ülkelerin önemli olan göstergelerdeki iyileştirmeleri ile sıralamalarının yükseldiği ve bazı göstergelere göre dezavantajlı ülkelerin ise sıralamalarının düştüğü görülmüştür. Lojistik altyapısı güçlü olan ülkelerin sıralamalarının arttığı aynı zamanda altyapı iyileştirilmesi gereken ülkelerin ise sıralamalarında düşüş gözlemlenmiştir.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Çalışmadaki tüm katkı yazara aittir.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Çalışma herhangi bir destek almamıştır. Teşekkür edilecek bir kurum veya kişi bulunmamaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

Chow, G., Heaver, T. D., & Henriksson, L. E. (1994). Logistics performance: Definition and measurement. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 24(1), 17-28.

World Bank, (2022). *International LPI – Global rankings 2022*. Accessed: 2 June 2022, <https://lpi.worldbank.org/international/global/2022>.

Caplice, C., & Sheffi, Y. (1995). A review and evaluation of logistics performance measurement systems. *The International Journal of Logistics Management*, 6(1), 61-74.

Oğuz, S., Alkan, G., & Yılmaz, B. (2019). Seçilmiş Asya ülkelerinin lojistik performanslarının TOPSİS yöntemi ile değerlendirilmesi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, (Özel Sayı)*, 497, 507.

Dos Santos, B. M., Godoy, L. P., & Campos, L. M. (2019). Performance evaluation of green suppliers using entropy-TOPSIS-F. *Journal of cleaner production*, 207, 498-509.

Anwar, M. (2021). Biodiesel feedstocks selection strategies based on economic, technical, and sustainable aspects. *Fuel*, 283, 119204.

Uslu, T., Can, G.F., & Delice E.K. (2022). Çok boyutlu yeni bir süreç tipi HTEA yaklaşımı: Savunma ve havacılık sanayi uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 37(3), 1411-1426.

Parlar, G., ve Palancı, O. (2020). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Dünya Üniversitelerinin Performanslarının Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 11(26), 203-227.

Bulğurcu, B. (2019). Çok nitelikli fayda teorisi ile CRITIC yöntem entegrasyonu: Akıllı teknoloji tercih örneği. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 13(19), 1930-1957.

Oğuz, S., Alkan, G., & Yılmaz, B. (2019). Seçilmiş Asya ülkelerinin lojistik performanslarının TOPSİS yöntemi ile değerlendirilmesi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, (Özel Sayı)*, 497, 507.

Gergin, R. E. (2014). *Türkiye'deki bölgelerin lojistik performanslarının bütünleştirilmiş AHS ve TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmesi* (Doctoral dissertation, Karadeniz Teknik Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Akoğul, S., Erişoğlu, M., & Erişoğlu, Ü. (2020). Çok Değişkenli Normal Dağılımların Karmasına Dayalı Kümelemede TOPSIS Yöntemiyle İle Küme Sayısının Belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 36(3), 472-480.

Li, H., Huang, J., Hu, Y., Wang, S., Liu, J., & Yang, L. (2021). A new TMY generation method based on the entropy-based TOPSIS theory for different climatic zones in China. *Energy*, 231, 120723.

Martí, L., Martín, J. C., & Puertas, R. (2017). A Dea-Logistics Performance Index. *Journal of Applied Economics*, XX(1), 169-192.

Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 27(3), 379-423.

Wu, J., Sun, J., Liang, L., & Zha, Y. (2011). Determination of weights for ultimate cross efficiency using Shannon entropy. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 5162-5165.

Hwang CL, Yoon K. (1981) Multiple attribute decision making: methods and applications. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag.

Chang K., A (2015) novel general risk assessment method using the soft TOPSIS approach, *Journal of Industrial and Production Engineering*, 32 (6), 408-421.

Tzeng, G. H., & Huang, J. J. (2011). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. CRC press.

Akdamar, E., Gogebakan, M. & Kılıç, A., (2021). Lojistik Göstergelere Göre Ülkelerin İnsani Gelişmişlik Sınıflarının Tahmini, *KUTLU H.A, KARABACAK E.,(Ed. 's) Uluslararası Ticaret Ve Lojistikte Güncel Yaklaşımlar Ve Değerlendirmeler 2, (s. 115-128), ISBN: 978-625-8418-08-8 İstanbul Efe Kitap evi*