

Yayın Geliş Tarihi: 09.10.2023
Yayına Kabul Tarihi: 26.02.2024
Online Yayın Tarihi: 15.03.2024
<http://dx.doi.org/10.16953/deusosbil.1339614>

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi
Cilt: 26, Sayı: 1, Yıl: 2024 Sayfa: 226-250
E-ISSN: 1308-0911

Araştırma Makalesi

HAVAYOLU PERFORMANS ANALİZİ İÇİN YENİ ENTEGRE D-CRITIC-TOPSIS YAKLAŞIMI

Umut AYDIN*

Öz¹

Diğer birçok sektör gibi rekabetin yoğun olduğu hava taşımacılığı sektöründe de birçok havayolu, operasyonlarını daha etkin ve güvenilir hale getirerek rekabetçi özelliklerini daha da güçlü hale getirmeye çalışmaktadır. Bu durum şirketler için performans değerlendirme konusunu daha da önemli bir hale getirmekte ve özellikle matematiksel modeller yardımıyla gerek objektif gerekse de uzman görüşlerinden faydalanan subjektif performans değerlendirmesinde kullanılan metodolojilere ihtiyaç günden güne artmaktadır. Bu çalışmada mesafe korelasyonu ile geleneksel CRITIC yaklaşımının gelişmiş bir versiyonu olan D-CRITIC yönteminin TOPSIS yöntemiyle entegrasyonu ile elde edilen bir performans değerlendirme metodolojisi önerilmiştir. Önerilen D-CRITIC-TOPSIS ve entegre CRITIC-TOPSIS yaklaşımlarıyla 2022 yılında en fazla yolcu taşıyan ilk 10 havayolu için müşteri görüşlerini yansıtan 8 kriter kullanılarak karşılaştırmalı bir performans analizi yapılmış ve elde edilen sıralamalar raporlanmıştır. Yapılan analiz sonucunda mesafe korelasyonu temelli D-CRITIC yöntemi ve geleneksel CRITIC yöntemiyle elde edilen objektif kriter ağırlıklarının farklılaştığı ve bu durumun havayollarının performanslarına göre hesaplanan sıralamalarında değişikliğe sebep olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: D-CRITIC, TOPSIS, Havayolu, Performans analizi, Çok Kıstaslı Karar Verme.

Bu makale için önerilen kaynak gösterimi (APA 6. Sürüm):

Aydın, U. (2024). Havayolu performans analizi için yeni entegre D-CRITIC-TOPSIS yaklaşımı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26 (1), 226-250.

*Dr. Öğr. Üyesi, Bandırma Onyediy Eylül Üniversitesi, Ömer Seyfettin Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, ORCID: 0000-0003-4802-8793, uaydin@bandirma.edu.tr

¹Bu çalışmada etik kurul onayı gerekmemektedir.

A NOVEL INTEGRATED D-CRITIC-TOPSIS APPROACH FOR AIRLINE PERFORMANCE ANALYSIS

Abstract

In the highly competitive air transportation sector, like many other sectors, many airlines are trying to make their competitive characteristics stronger by making their operations more efficient and reliable. This situation makes performance evaluation even more important for companies and the need for methodologies for both objective and subjective performance evaluation, especially with the help of mathematical models and expert opinions, is increasing day by day. In this study, a performance evaluation methodology is proposed by integrating the D-CRITIC method, which is an advanced version of the traditional CRITIC approach with distance correlation, with the TOPSIS method. With the proposed D-CRITIC-TOPSIS and integrated CRITIC-TOPSIS approaches, a comparative performance analysis is performed for the top 10 airlines carrying the highest number of passengers in 2022 using 8 criteria reflecting customer opinions and the rankings obtained are reported. As a result of the analysis, it was found that the objective criteria weights obtained with the distance correlation-based D-CRITIC method and the traditional CRITIC method differed and this caused a change in the rankings of the airlines calculated according to their performance.

Keywords: *D-CRITIC, TOPSIS, Airline, Performance Analysis, Multiple Criteria Decision Making.*

GİRİŞ

Son yıllarda küresel düzeyde yaşanan gelişmeler hava taşımacılığı sektöründe görülen büyüme ivmesini daha da arttırmış ve sektör küresel taşımacılık sisteminin hayati bir parçası haline gelmiştir. Diğer birçok sektör gibi rekabetin yoğun olduğu sektörde birçok havayolu operasyonlarını daha etkin ve güvenilir hale getirerek rekabetçi özelliklerini daha da güçlü hale getirmeye çalışmaktadır. Bu durum şirketler için performans değerlendirme konusunu daha da önemli bir hale getirmektedir ve özellikle matematiksel modeller yardımıyla gerek objektif gerekse de uzman görüşlerinden faydalanan sübjektif performans değerlendirmesinde kullanılan metodolojilere ihtiyaç günden güne artmaktadır. Şirketlerin performans analizini etkin bir şekilde gerçekleştirme ihtiyacı araştırmacıları çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımları gibi birden çok farklı özellikteki kriteri göz önünde bulundurarak şirketlerin sistematik bir şekilde karşılaştırılmasını mümkün kılan yöntemlerin araştırılmasına sevk etmiştir.

Çalışmanın literatür taraması kısmı gösterecektir ki performans analizi yapmak için kullanılan metodolojilere göre çalışmalar birkaç farklı grupta toplanabilmektedir. Koyubenbe & Özden (2011), Tutulmaz & Şahin (2014), Bilik

vd. (2016), Öztürk & Yıldız (2016), Ekinci (2020), Aydın & Kaya (2021) ve Koca & Demir Uslu (2022) gibi parametrik yaklaşımlarla teknik etkinlik skoru hesaplayan; Peker & Birdoğan (2019), Karakaya vd. (2014), Akyüz vd. (2015), Asker (2021), Perçin & Çakır (2012), Doğan (2015) ve Keskin (2018) parametrik olmayan yöntemlere teknik etkinlik skoru hesaplayan; Bakırcı vd. (2014), Doğan & Gencan (2014), Çağlar & Öztaş (2016) ve Asker vd. (2018) gibi parametrik olmayan teknik etkinlik skoru hesaplamada kullanılan yöntemlerle ÇKKV yaklaşımlarını entegre eden ve gerek sübjektif ağırlık hesaplamasından kullanılan yaklaşımların tercih edildiği (Esen & Yiğit, 2022; Gülsün & Erdoğan, 2021; Görçün & Küçükönder, 2021) gerekse de Batır (2023), Altıntaş (2022), Bayram (2021), Apan & Öztel (2020a) gibi objektif yöntemlerle kriter ağırlıklarının hesaplandığı yaklaşımlar araştırmacılar tarafından tercih edilmektedir.

Diakoulaki vd. (1995) tarafından literatüre kazandırılan ve araştırmacılar tarafından çokça tercih ÇKKV yöntemlerinden biri olan CRITIC (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation) yöntemi de kriterlere ait objektif ağırlıkların bulunmasında kullanılmaktadır. CRITIC yöntemi, kriter setinde yer alan değişkenler arasındaki korelasyonu ölçen Pearson korelasyonu yardımıyla karar probleminde yer alan kriterler arasındaki ilişkiyi de göz önünde bulundurması özelliğiyle diğer objektif yaklaşımlardan pozitif olarak ayrılmaktadır. Fakat son yıllarda araştırmacıların geleneksel ÇKKV metodolojilerinin kısıtlarını geliştirme çabalarıyla yaklaşımların farklı versiyonları literatürde yer almaya başlamıştır.

Bunlardan biri de Krishnan vd. (2021) tarafından literatüre kazandırılan mesafe korelasyonu temelli D-CRITIC (Distance Correlation-based CRITIC) yöntemidir. Metodoloji bölümü gösterecektir ki D-CRITIC yöntemi geleneksel CRITIC yönteminden farklı olarak kriterler arasındaki korelasyon hesaplaması yaparken dirençli (robust) bir yaklaşım olan ve Székely vd. (2007) tarafından literatüre kazandırılan mesafe korelasyonunu kullanmaktadır. Bu modifikasyonla birlikte CRITIC yönteminde kullanılan Pearson korelasyonunun özellikle kriterler arasındaki doğrusal olmayan korelasyonu yakalamada problem yaşamasından dolayı ortaya çıkabilecek yanlış sonuçları minimuma indirmek amaçlanmıştır. D-CRITIC yönteminde hesaplanan mesafe korelasyonunun değişkenler arasındaki ilişki olmama durumunun daha etkin bir şekilde hesaplamalara yansdığı Krishnan vd. (2021) çalışmasında ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmada D-CRITIC yönteminin performans analizindeki potansiyel faydalarını gözlemleyebilmek amacıyla TOPSIS yöntemiyle entegre bir şekilde kullanımı için adım adım açıklanmıştır ve devamında 2022 yılında en fazla yolcu taşıyan 10 havayolunun performans analiziyle örnek bir uygulama yapılmıştır. Uygulama esnasında kriter ağırlıklarının CRITIC ve D-CRITIC yöntemlerinde nasıl

farklılaştığını gözlemleyebilmek amacıyla kriter ağırlıkları her iki yöntemle de hesaplanmış ve TOPSIS ile havayollarının sıralanması aşamasında iki yöntemden gelen ağırlıklarla da uygulama yapılmış ve sıralamalar raporlanmıştır.

Çalışmanın devamında öncelikle performans analizi konusunda literatürde bulunan çalışmalar özelliklerine göre karşılaştırmalı şekilde özetlenmeye çalışılacaktır. Sonraki aşamada performans analizi için entegre D-CRITIC-TOPSIS yöntemi adım adım açıklanacak ve havayolu performans analizi için yapılan bir uygulamanın sonuçları da adım adım raporlanacaktır. Son olarak da elde edilen bulgular sonuç bölümünde açıklanacak ve gelecek çalışmalar için araştırma fırsatları belirtilecektir.

LİTERATÜR

Birimler için performans analizi yapan çalışmalar incelendiğinde araştırmacıların birçok farklı yaklaşımdan faydalandığı görülmektedir. Literatürdeki çalışmaların faydalandıkları yaklaşımlara göre belirli birkaç grupta sınıflandırılabilirdiği görülmektedir. İlk grupta yer alan çalışmaların birimlerin performans analizinde teknik etkinlik skorlarını hesapladıkları ve birimleri bu skorlara göre sınıflandırdıkları görülmektedir. Teknik etkinlik ölçümünde kullanılan çalışmalar incelendiğinde ilk grupta parametrik yaklaşımları kullanan çalışmaların olduğu görülmektedir. (Koyubenbe & Özden, 2011; Tutulmaz & Şahin, 2014; Bilik vd., 2016; Öztürk & Yıldız, 2016; Ekinci, 2020; Aydın & Kaya, 2021; Koca & Demir Uslu, 2022). Bu çalışmalar farklı sektörlerde yer alan birimlerin performanslarını değerlendirmek amacıyla bir teknik etkinlik sınırını stokastik sınır analizi (SSA) gibi parametrik yöntemlerle oluşturan ve bu etkinlik sınırına göre tüm birimlerin teknik etkinlik skorlarını hesaplayıp bu skorlara göre birimleri sırlamaktadır. Etkinlik sınırına veri setinde yer alan diğer birimlere göre daha yakın olan, başka bir deyişle diğer birimlere göre belirli girdi seviyesinde daha fazla çıktı elde eden birimler en iyi performansa sahip birimler olarak görülmektedir. Fakat bazı koşullarda SSA gibi parametrik yaklaşımların varsayımları sağlanmamaktadır ve hatta parametrik yöntemlerin de karar vericileri kısıtlayan bazı durumlar söz konusu olabilmektedir. Örneğin SSA yaklaşımında çıktı değişkeni olarak tek bir değişken kullanılabilir ve bu durum araştırmacıları kimi zaman kısıtlayabilmektedir. Her ne kadar Aydın & Kaya (2021) çalışmasında olduğu gibi çıktı değişkenleri temel bileşenler analizi (TBA) gibi yöntemlerle tek değişkene indirgenip bu kısıt aşılırsa da bu durum değişkenler arasındaki korelasyonun düşük olduğu durumlarda araştırmacıları kısıtlayan bir durum olabilmektedir.

Bu ve bunun gibi kısıtlayıcı durumlar sebebiyle araştırmacılar teknik etkinlik skoru ile performans analizinde veri zarflama analizi (VZA) gibi

yaklaşımlara yönelmektedir. VZA yaklaşımını kullanan çalışmalarda geleneksel VZA spesifikasyonlarından faydalanan çalışmalar olduğu gibi (Peker & Birdoğan, 2019; Karakaya vd., 2014; Akyüz vd., 2015; Asker, 2021) süper etkinlik modellemesi gibi daha gelişmiş VZA yaklaşımlarından çalışmalar da mevcuttur (Perçin & Çakır, 2012; Doğan, 2015; Keskin, 2018). Ayrıca VZA yöntemlerini ÇKKV yöntemleriyle entegre bir şekilde performans analizi için kullanan çalışmalar da literatürde yer almaktadır (Bakırcı vd., 2014; Doğan & Gencan, 2014; Çağlar & Öztaş, 2016; Asker vd., 2018).

Birimleri belirlenen kriterlere göre hesaplanan performans değerlerine göre sıralayan diğer bir gruptaki çalışmalar ise ÇKKV yöntemini kullanan çalışmalardır. Bu gruptaki çalışmalarında alt iki grup oluşturduğu görülmektedir. Bunlardan ilki kriter ağırlıklarının hesaplanmasında karar vericilerin ve/veya uzmanların subjektif görüşlerine ihtiyaç duyan ve kriter ağırlıklarının hesaplanmasında bu subjektif görüşlerden gelen bilginin kullanıldığı yaklaşımlardır (Esen & Yiğit, 2022; Gülsün & Erdoğan, 2021; Görçün & Küçükönder, 2021). Diğer alt grupta yer alan çalışmalar ise subjektif ağırlık hesaplaması yapan yaklaşımların aksine değerlendirme aşamasında uzman görüşlerine ihtiyaç duymadan oluşturulan karar matrisindeki kriterlerin sahip olduğu örüntüyü yakalayıp kriterlerin objektif ağırlıklarını hesaplayan yöntemlerdir. Objektif kriter ağırlıklarının hesaplanmasında ENTROPI, CRITIC, CILOS ve IDOCRIW gibi yöntemler kullanan çalışmalar mevcuttur. CRITIC yöntemi ve ENTROPI yöntemi bu yaklaşımlardan araştırmacılar tarafından en çok tercih edilenlerdendir (Krishnan vd., 2021). Bu çalışmada geleneksel versiyonunun gelişmiş olan D-CRITIC yöntemi kriter ağırlıklandırmasında tercih edildiği için geleneksel CRITIC yaklaşımından faydalanan çalışmalardan örnekler tablo 1 ile gösterilmektedir.

Tablo 1. Performans Analizinde ÇKKV Yaklaşımları Kullanan Çalışmalar

Yazar(lar)	Metodoloji	Uygulama Alanı
Türkoğlu & Duran (2023)	CRITIC; GIA ve WASPAS	Ülkelerin Lojistik Performansı
Ecemiş & Avcı (2023)	CRITIC; CODAS	Ülkelerin Lojistik Performansı
Eyceyurt Batır (2023)	CRITIC; EDAS	Bankaların Performansı
Keleş (2022)	CRITIC; MABAC	THY Beş Yıllık Performansı
Duran (2022)	CRITIC; GIA	Ülkelerin İnovasyon Performansı
Akgül (2021)	CRITIC; COCOSO	Bankaların Performansı
Öndeş & Özkan (2021)	CRITIC; EDAS	BIST Bilişim Sektöründeki Şirketlerin Finansal Performansı
Bayram (2021)	CRITIC; EDAS	Bankaların Performansı

Aydın (2020)	CRITIC; MAIRCA	Bankaların Performansı
Apan & Öztel (2020b)	CRITIC; PROMETHEE	Girişim Sermayesi Yatırım Ortaklarının Finansal Performansı
Akbulut (2020)	CRITIC; MABAC	BIST Çimento Şirketleri Finansal Performansı
Akbulut (2019)	CRITIC; EDAS	İş Bankasının 10 Yıllık Performansı
Yalçın & Karakaş (2019)	CRITIC; EDAS	Bir Enerji Firmasının 10 Yıllık Performansı
Aydın (2019)	CRITIC; TOPSIS	Sigorta Şirketlerinin Finansal Performansı

Uzman ve/veya karar verici görüşlerinden kaynaklı olası yanlılıkların önüne geçmek amacıyla kullanılan objektif kriter ağırlığı hesaplama yöntemleri, karar matrisindeki yapıyı inceleyerek oradaki örüntüden kriter ağırlıklarını hesaplamaktadır. Literatür incelendiğinde objektif kriter ağırlıkları hesaplamada yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri de CRITIC yaklaşımıdır. CRITIC yaklaşımının araştırmacılar tarafından çokça tercih edilmesinin sebeplerinden biri aynı anda hem kriterlerin sahip olduğu kontrast yoğunluğunu hem de her bir kriterin birbirleriyle çelişkili şekilde olan ilişkilerini göz önünde bulundurmasıdır.

Bir kriterin kontrast yoğunluğu her bir kriterle ait lokal skorlarla ilişkilendirilen oynaklığın temsili şeklinde tanımlanabilir. Başka bir deyişle, kriter bazındaki skorlar alternatiften alternatife ciddi bir şekilde değişiyorsa bu durumda, kriterin daha anlamlı bilgi taşıdığı varsayılmaktadır ve bu sebeple ilgili kriter diğer kriterlere göre daha yüksek ağırlığa sahip olmaktadır. Geleneksel CRITIC yönteminde kontrast yoğunluğu standart sapma değeriyle ölçülmektedir.

CRITIC yöntemini pozitif anlamda ayırıştırıcı bir özelliği ise kriterler arasındaki çelişkili ilişkiyi de göz önünde bulundurmasıdır. Örneğin bir otomobil tercih edeceğimiz zaman aynı anda hem ucuz hem de yüksek performanslı bir model tercih edebilmek neredeyse imkansızdır. Örnekteki gibi durumlar kriterler arasındaki çelişen ilişki olarak isimlendirilmektedir ve bu durum CRITIC yönteminde -1 ve 1 arasında değerler alabilen Pearson korelasyon katsayısı ile göz önünde bulundurulmaktadır. Negatif korelasyon değişkenlerin zıt yönde; pozitif korelasyon ise değişkenlerin aynı yönde hareket ettiğini gösterirken, korelasyon değerinin 0 olması değişkenler arasında birlikte hareket etme durumunun olmadığını göstermektedir.

CRITIC yönteminde kontrast yoğunluğu ve çelişkili ilişkisi yüksek olan kriterlere daha yüksek ağırlık ataması yapılmaktadır fakat Krishnan vd. (2021) yaptığı çalışmada Pearson korelasyonunun kriterler arasındaki çelişkili ilişkiyi yakalamada zayıf kaldığını, başka bir deyişle Pearson korelasyon katsayısının 0 değerini almasının kriterlerin tamamen birbirinden bağımsız hareket ettiği şeklinde

yorumlanmasının yanlışlık yaratabileceğini ve bunun sebebinin de Pearson korelasyonunun değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi yakalamada zaman zaman başarısız olmasından dolayı olduğunu belirtmiştir. Bu sebeple mesafe korelasyonu kullanan D-CRITIC yönteminin, geleneksel CRITIC yöntemine göre kriter ağırlıklarının hesaplanmasında daha iyi performansa sahip olduğunu çalışmalarında ortaya koymuşlardır.

D-CRITIC yönteminin Krishnan vd. (2021) tarafından literatüre kazandırılmasının ardından, objektif ağırlık hesaplamasında araştırmacılar tarafından yaklaşım fazlasıyla tercih edilmeye başlanmıştır. Maneengam, A. (2023) yaptığı çalışmada D-CRITIC yöntemini geliştirilmiş TOPSIS (Modified TOPSIS) yöntemiyle entegre olarak kullanmıştır. Dahası, Ghaemi-Zadeh & Eghbali-Zarch (2024) ve Zhang & Wei (2023) çalışmalarında olduğu gibi D-CRITIC yaklaşımı bulanık MULTI-MOORA ve bulanık CPT-CoCoSo gibi bulanık ÇKKV yaklaşımlarıyla da entegre şekilde kullanıldığı da gözlemlenmiştir. D-CRITIC yönteminden faydalanan çalışmaların ortak özelliği ise kriter ağırlıklarının objektif olarak hesaplanmasında bu yaklaşımın doğrusal olmayan korelasyonu mesafe korelasyonu ile yakalayıp geleneksel CRITIC yönteminde göre daha iyi performansa sahip olduğu bulgusudur.

D-CRITIC yönteminin bahsedilen bu özellikleri sebebiyle bu çalışmada objektif kriter ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılmıştır ve alternatiflerin sıralanmasında araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen yöntemlerden biri olan TOPSIS yöntemiyle entegre edilerek havayolu performans analizi için örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

METODOLOJİ

Literatür taraması bölümü göstermektedir ki CRITIC yöntemi objektif kriter ağırlıkları hesaplamak isteyen araştırmacılar tarafından çokça faydalanan yöntemlerden biridir. ÇKKV problemlerinde kriter ağırlıklarının hesaplanmasında gerek subjektif gerekse de objektif yöntemlerin çok sayıda olmasının temel sebebi elde edilen ağırlıkların uygulama sonucunda birimler için elde edilecek sıralamaları doğrudan etkilemesidir. Özellikle de kriter sayısının arttığı karar problemlerinde ağırlıkların hesaplanması daha karmaşık bir hal alabilmektedir. Bu sebeple araştırmacılar tarafından farklı karakteristikteki karar problemleri için farklı ÇKKV yöntemleri geliştirilmeye devam etmektedir.

Sübjektif ağırlık hesaplaması için kullanılan yöntemlerden biri de Krishnan vd. (2021) çalışmada önerilen D-CRITIC yöntemidir. Bu yöntem kriter ağırlıklarını hesaplarken geleneksel CRITIC yönteminden farklı olarak kriterler

arasındaki korelasyonlar için Székely vd. (2007) tarafından önerilen mesafe korelasyonunu kullanmaktadır. Mesafe korelasyonu, Pearson korelasyonunun kriter setindeki doğrusal olmayan ilişkiyi yakalama konusunda zayıf kaldığı bulgusuna dayandırılarak, CRITIC yaklaşımının geliştirilmiş bir versiyonu olan D-CRITIC yönteminin, kriter ağırlıklarını daha yansız hesaplayacağı ileri sürülmüştür.

Bu çalışmada D-CRITIC yöntemiyle kriterlere ait subjektif ağırlık değerleri hesaplanmıştır ve buradan elde edilen ağırlıklarla alternatiflerin sıralanması için TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bu bölümde kullanılan yöntemlerin işlem adımları sırasıyla gösterilecektir.

D-CRITIC Yöntemi

İlk adımda karar problemine özgü olan kriterlerin ve alternatiflerin bulunduğu karar matrisi elde edilir. Matrisin matematiksel gösterim aşağıdaki gibidir:

$$E = [z_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & \dots & z_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Sonraki adımda ise kullanılan kriterlerin fayda veya maliyet özellikli olmasına göre aşağıdaki eşitlikler kullanılarak standardizasyon işlemi yapılır. Eğer kullanılan kriter fayda temelli ise eşitlik 2; maliyet temelli bir kriter ise de eşitlik 3 kullanılarak standardize karar matrisi elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{z_{ij} - \min_j(z_{ij})}{\max_j(z_{ij}) - \min_j(z_{ij})} \quad (2)$$

$$r_{ij} = \frac{\max_j(z_{ij}) - z_{ij}}{\max_j(z_{ij}) - \min_j(z_{ij})} \quad (3)$$

$$i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$$

Burada $\max_j(z_{ij})$, j . kriterdeki en yüksek performansını; $\min_j(z_{ij})$ ise j . kriterdeki en kötü performansını temsil etmektedir. Kriter ağırlıklarının hesaplanması aşamasında sonraki adımda CRITIC yönteminde kriter setindeki ilişki varlığı ve bu ilişkinin derecesinin ölçülmesi için Pearson korelasyon katsayısı (ρ_{jk}) hesaplanmaktadır. D-CRITIC yönteminin farklılaştığı aşama bu aşamadır. Bu adımda kriterler için mesafe korelasyonu hesaplaması yapılmaktadır. Mesafe korelasyonu için katsayılar aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$dCorr(c_j, c_{j'}) = \frac{dCov(c_j, c_{j'})}{\text{karekök}(dVar(c_j)dVar(c_{j'}))} \quad (4)$$

Burada $dCov(c_j, c_{j'})$, c_j ve $c_{j'}$ kriterleri arasındaki mesafe kovaryans değerini göstermektedir. $dVar(c_j) = dCov(c_j, c_j)$ ise c_j için mesafe varyans değerini göstermektedir. c_j ve $c_{j'}$ arasındaki mesafe korelasyonunu hesaplamak için aşağıdaki adımlar takip edilmektedir.

Adım 1: Öncelikle c_j için tüm alternatiflere ait skorlar göz önünde bulundurularak Öklid mesafe matrisi oluşturulur. Bu matris aralarında korelasyon hesaplanmaya çalışılan c_j ve $c_{j'}$ kriterlerinin her ikisi için de hesaplanır.

Adım 2: Elde edilen mesafe matrisi için satır ve sütun ortalamaları hesaplanır ve önce matrisin her elemanından bulunduğu satırın satır ortalaması çıkarılır. Sonra oluşan yeni matristeki matris elemanlarından önceki adımda elde edilen mesafe matrisinin sütun ortalaması çıkarılır. Aynı mantıkla hangi elemanla işlem yapılıyorsa bulunduğu sütunun mesafe matrisindeki sütun ortalaması çıkarılacaktır. Elde edilen bu yeni matristeki tüm elemanlara mesafe matrisinin genel ortalaması eklenir. Böylelikle bu adımda elde edilen nihai matrisin satır, sütun ve doğal olarak da matris ortalaması sıfır olur.

Adım 3: İlk iki adımda yapılan işlemler aralarındaki korelasyon hesaplanmak istenen her iki kriter için de ayrı ayrı hesaplanır. Bu adıma gelindiğinde önceki adımda ilk kriter olan c_j kriteri için elde edilen nihai matrisin her elemanı kendisiyle çarpılır ve yeni bir matris elde edilir. Elde edilen bu matrisin ortalaması alınıp, ortalamanın da karekökü alındığında c_j kriteri için mesafe varyans değeri hesaplanmış olur. Aynı işlem diğer kriter için de yapılarak diğer kritere ait varyans değeri hesaplanmış olur. Son olarak da iki kritere ait matrislerde aynı satır ve sütundaki elemanların çarpımıyla elde edilen matrisin ortalaması ve bu ortalamanın karekökü alınır. Elde edilen bu değer de iki kriterin mesafe kovaryans değeridir.

Adım 4: Son adımda da 3. adımda elde edilen değerler eşitlik 4'te yerlerine koyularak iki kriter için mesafe korelasyon değeri hesaplanmış olur.

Mesafe korelasyon matrisini elde etmek için D-CRITIC yönteminin üçüncü adımında açıklanan üç alt adım kriter setine uygulanır. Ardından kriterlerin standart sapmaları (σ_j) hesaplandıktan sonra eşitlik 5 kullanılarak kriterdeki toplam bilgi hesaplaması yapılmaktadır.

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^n (1 - dCorr(c_j, c_{j'})) \quad (5)$$

Sübjektif kriter ağırlıkları hesaplanmasında son adımda da kriterlerin ağırlıkları eşitlik 6 yardımıyla elde edilir.

$$w_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j}, (j = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yaklaşımı alternatifleri sıralarken öncelikle pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm olmak üzere iki farklı ideal çözüm hesaplamaktadır ve sonrasında da alternatiflerin bu ideal çözümlere uzaklıklarına göre bir sıralama yapmaktadır. Pozitif ideal çözüm oluşturulurken karar probleminde yer alan fayda temelli kriterler maksimize edilmeye çalışılırken maliyet temelli kriterler ise minimize edilmeye çalışarak çözüm elde edilmektedir. Negatif ideal çözüm ise fayda temelli ölçütleri minimize; maliyet temelli kriterleri ise maksimize etmeye çalışan bir çözümdür. Seçilecek en uygun seçenek belirlenirken de pozitif ideal çözüme en yakın aynı zamanda negatif ideal çözüme en uzak olan seçenek olarak belirlenir (Hwang & Yoon, 1981).

Bir karar probleminin TOPSIS yöntemiyle çözümü için aşağıdaki adımlar takip edilmektedir.

İlk adımda karar matrisi oluşturulur. Bu çalışmada TOPSIS yöntemi D-CRITIC yöntemiyle entegre olarak kullanıldığı için eşitlik 1 ile gösterilen karar matrisi iki yöntemde de kullanılmaktadır.

İkinci adımda ise ilk adımda muhtemel alternatifler ve bu alternatifleri değerlendirmede göz önünde bulundurulacak kriterlerle oluşturulan karar matrisi eşitlik 7 yardımıyla normalize edilir. Bu işlemde alternatiflerin her kritere ait değeri ilgili kriterdeki tüm alternatiflerin değerlerinin kareleri toplamının kareköküdür.

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n X_{ij}^2}}, (j = 1, 2, \dots, n; i = 1, 2, \dots, m) \quad (7)$$

İkinci adımda elde edilen normalize karar matrisi kriterlerin ağırlıklarıyla çarpılır. Bu çalışmada kriter ağırlıkları D-CRITIC yöntemiyle elde edilmiştir ve bu aşamada bu ağırlıklar kullanılmaktadır.

$$V = \begin{bmatrix} w_1 z_{11} & w_2 z_{12} & \dots & w_n z_{1n} \\ w_1 z_{21} & w_2 z_{22} & \dots & w_n z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_1 z_{m1} & w_2 z_{m2} & \dots & w_n z_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Dördüncü adımda ise pozitif ve negatif ideal çözümler aşağıda belirtildiği şekilde oluşturulur.

$$A^* = \{(max V_{ij} | j \in J), (min V_{ij} | j \in J'), i = 1, 2, \dots, m\} \quad (8)$$

$$A^- = \{(min V_{ij} | j \in J), (max V_{ij} | j \in J'), i = 1, 2, \dots, m\} \quad (9)$$

Burada J fayda temelli kriterleri, J' ise maliyet temelli kriterleri temsil etmektedir. j, j. fayda kriteri iken j' ise maliyet kriterini temsil etmektedir.

Beşinci adımda ise her alternatifin pozitif ve negatif çözümlerden uzaklıkları öklit uzaklık denklemiyle hesaplanır ve matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V_i^*)^2}, I=1,2,\dots,m \quad (10)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (V_{ij} - V_i^-)^2}, I=1,2,\dots,m \quad (11)$$

Son adımda ise alternatiflerin uzaklık değerleri kullanılarak ideal çözüme nispi yakınlıkları eşitlik 12 yardımıyla hesaplanır. Alternatifler bu yakınlık değerlerine göre en büyük değere sahip olan seçilebilecek ilk alternatif olmak üzere büyükten küçüğe doğru azalan sırada sıralanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}, (i = 1, 2, \dots, m) \quad (12)$$

ENTEGRE D-CRITIC-TOPSIS YÖNTEMİYLE HAVAYOLU PERFORMANS ANALİZİ

Önerilen entegre yaklaşım kullanılarak 2022 yılında dünya çapında en fazla yolcu taşıyan 10 havayolu 8 kriter göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Belirlenen kriterler sırasıyla Yiyecek & İçecek (Food&Beverages) (C1), Kabin İçi Eğlence Sistemleri (Inflight Entertainment) (C2), Koltuk Konforu (Seat Comfort) (C3), Hizmetler (Staff Service) (C4), Paranın Karşılığı (Value for Money) (C5), Zamanında Kalkış Performansı (On-time Performance) (C6), Müşteri Görüşü (Customer Opinion) (C7) ve Şikayet Süreci (Claim Processing) (C8) şeklinde havayollarının müşteri memnuniyeti performansını yansıtmaktadır. Kriterlerden ilk

beşi Skytrax şirketinin açık kaynak olarak paylaştığı portaldan elde edilmiştir (daha detaylı bilgi için: <https://www.airlinequality.com/>) ve bu kriterler en düşük 1 en yüksek 5 olacak şekilde karar matrisine eklenmiştir. C6, C7 ve C8 kriterleri ise yine havayolu şirketleriyle seyahat eden yolcuların görüşlerini kamuya açık şekilde paylaşan AirHelp kuruluşuna ait portaldan en düşük 1 en yüksek 10 olacak şekilde karar matrisine eklenmiştir (daha detaylı bilgi için: <https://www.airhelp.com/>). Kullanılan tüm kriterler fayda temelli kriterlerdir ve puanlamalar yolcu görüşlerinin ortalaması olarak paylaşılmaktadır.

Önerilen entegre metodolojinin ilk aşamasında D-CRITIC yöntemiyle karar probleminde alternatiflerin değerlendirilmesinde göz önünde bulundurulacak kriterlerin objektif ağırlıkları hesaplanmaktadır. İlk adımda performanslarına göre sıralanacak 10 havayolunun belirlenen kriterlerdeki değerleriyle eşitlik 1’de matematiksel gösterimi bulunan karar matrisi tablo 2’de görüldüğü gibi oluşturulur.

Tablo 2. Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	2	2	2	2	2	7,7	8	7,5
A2	2	2	2	2	2	7,9	7,9	8,4
A3	3	3	3	3	3	6,3	8,7	4,8
A4	3	3	3	3	2	8,2	8	5,8
A5	3	3	3	4	3	6,6	8,2	3
A6	3	2	3	3	3	5,4	7,9	7,6
A7	2	3	3	3	2	5,2	8,1	3,7
A8	4	4	4	4	4	7,8	7,9	7,6
A9	3	3	3	3	3	7,2	8,1	6,8
A10	3	3	3	3	3	6,5	8,2	3,9

İkinci adımda ise standardize karar matrisi oluşturulmaktadır. Bu çalışmada kullanılan tüm kriterler fayda temelli olduğu için eşitlik 2 yardımıyla tablo 3 ile gösterilen standardize karar matrisi elde edilir.

Tablo 3. Standardize Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,833	0,125	0,833
A2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,900	0,000	1,000
A3	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,367	1,000	0,333
A4	0,500	0,500	0,500	0,500	0,000	1,000	0,125	0,519

A5	0,500	0,500	0,500	1,000	0,500	0,467	0,375	0,000
A6	0,500	0,000	0,500	0,500	0,500	0,067	0,000	0,852
A7	0,000	0,500	0,500	0,500	0,000	0,000	0,250	0,130
A8	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,867	0,000	0,852
A9	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,667	0,250	0,704
A10	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,433	0,375	0,167

CRITIC yönteminin üçüncü adımında ise kriter setinde yer alan değişkenler arasındaki Pearson korelasyon değerleri hesaplanmaktadır. CRITIC ve D-CRITIC yöntemlerindeki işlemlerin farklılaştığı aşama bu adımdır. Bu sebeple uygulama kısmının devamında hem CRITIC hem de D-CRITIC yöntemiyle yapılan hesaplamalar raporlanacaktır. Kriterler arasındaki Pearson korelasyon değerleri tablo 4 ile gösterilmektedir.

Tablo 4. Karar Değişkenleri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
C1	1							
C2	0,722	1						
C3	0,867	0,867	1					
C4	0,791	0,791	0,881	1				
C5	0,885	0,625	0,783	0,741	1			
C6	0,127	0,093	-0,171	-0,190	-0,088	1		
C7	0,073	0,219	0,081	0,139	0,137	-0,316	1	
C8	-0,016	-0,369	-0,241	-0,455	-0,006	0,488	-0,591	1

D-CRITIC yönteminde bu aşamada eşitlik 4 ile gösterilen mesafe korelasyonu kriter setindeki değişkenler için hesaplanır. Mesafe korelasyonu için işlem adımları metodoloji bölümünde adım adım açıklanmaya çalışılmıştır. Daha ileri bilgi edinmek için Krishnan vd, (2021) çalışması incelenmelidir, ayrıca bu çalışmanın ekler kısmında yazarlar iki kriter arasındaki mesafe korelasyonunu hesapladıkları bir dosyayı makalenin tamamlayıcı dosyası olarak araştırmacılarla paylaşmaktadır. Kriterlere ait mesafe korelasyonu değerleri tablo 5 ile gösterildiği gibidir.

Tablo 5. Karar Değişkenleri Arasındaki Mesafe Korelasyonu Değerleri

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
----	----	----	----	----	----	----	----

C1	1							
C2	0,638	1						
C3	0,820	0,820	1					
C4	0,744	0,744	0,886	1				
C5	0,839	0,840	0,709	0,671	1			
C6	0,369	0,369	0,547	0,476	0,484	1		
C7	0,343	0,344	0,412	0,343	0,455	0,572	1	
C8	0,338	0,338	0,561	0,500	0,278	0,620	0,712	1

Székely vd. (2007) tarafından literatüre kazandırılan mesafe korelasyonu, Pearson korelasyonunun iki değişken arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi yakalayamadığı ve bu sebeple Pearson korelasyonunun 0 olduğu zaman iki değişkenin aslında birbirinden tam anlamıyla bağımsız olmadığı sonucu üzerine geliştirilmiştir. Mesafe korelasyonu olarak isimlendirilen Székely vd. (2007) çalışmasındaki korelasyon ölçüsü ancak ve ancak iki değişken gerçekten tam anlamıyla ilişkisiz olduğu zaman 0 değerini almaktadır. Bu özelliği sebebiyle D-CRITIC yönteminin daha güvenilir olduğu Krishnan vd, (2021) çalışmasında ortaya koyulmuştur.

Bir sonraki adımda kriterlere ait standart sapma değerleri hesaplanır ve kriterlerin standart sapmaları tablo 6 ile gösterilmektedir.

Tablo 6. Karar Değişkenlerinin Standart Sapma Değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Standart Sapma	0,300	0,300	0,269	0,316	0,320	0,333	0,285	0,341

Hesaplanan korelasyon ve standart sapma değerleri kullanılarak değişkenlerin taşıdığı bilgi C_j değerleri eşitlik 5 yardımıyla tablo 7’de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

Tablo 7. Karar Değişkenlerine Ait C_j Değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
CRITIC	1,066	1,216	1,059	1,361	1,256	2,349	2,069	2,792
D-CRITIC	0,873	0,872	0,605	0,834	0,872	1,186	1,088	1,245

Entegre metodolojinin son aşamasında ise kriterlere ait objektif ağırlık değerleri eşitlik 6 kullanılarak tablo 8 ile gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

Tablo 8. Karar Değişkenlerine Ait Objektif Ağırlıklar

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
--	----	----	----	----	----	----	----	----

CRITIC	0,081	0,092	0,080	0,103	0,095	0,178	0,157	0,212
D-CRITIC	0,115	0,115	0,080	0,110	0,115	0,157	0,144	0,164

Literatür bölümü göstermektedir ki TOPSIS yöntemi alternatiflerin sıralanmasında yaygın olarak kullanılan ÇKKV yaklaşımlarından biridir. Önerilen entegre metodolojinin ikinci aşamasında ise ilk aşamada elde edilen kriter ağırlıklarından faydalanarak TOPSIS yöntemiyle havayolları belirlenen kriterlere göre sıralanmıştır. İlk aşamada tablo 2 ile gösterilen karar matrisi eşitlik 7 kullanılarak normalize edilmektedir. Normalize karar matrisi tablo 9 ile gösterilmektedir.

Tablo 9. Normalize Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	0,221	0,221	0,214	0,206	0,228	0,350	0,312	0,383
A2	0,221	0,221	0,214	0,206	0,228	0,359	0,308	0,429
A3	0,331	0,331	0,322	0,309	0,342	0,287	0,340	0,245
A4	0,331	0,331	0,322	0,309	0,228	0,373	0,312	0,296
A5	0,331	0,331	0,322	0,413	0,342	0,300	0,320	0,153
A6	0,331	0,221	0,322	0,309	0,342	0,246	0,308	0,388
A7	0,221	0,331	0,322	0,309	0,228	0,237	0,316	0,189
A8	0,442	0,442	0,429	0,413	0,456	0,355	0,308	0,388
A9	0,331	0,331	0,322	0,309	0,342	0,328	0,316	0,347
A10	0,331	0,331	0,322	0,309	0,342	0,296	0,320	0,199

TOPSIS yönteminin üçüncü aşamasında ise ilk aşamada elde edilen kriter ağırlıklarıyla normalize karar matrisi çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilir. Bu aşamadan sonra hem CRITIC yöntemi hem de D-CRITIC yöntemiyle elde edilen ağırlıklarla TOPSIS işlem adımları için yapılan hesaplamalar raporlanacaktır. Tablo 8 ile gösterilen ağırlıklardan CRITIC yöntemiyle elde edilen ağırlıklar kullanılarak elde edilen ağırlıklandırılmış normalize matris tablo 10 ile gösterildiği gibidir.

Tablo 10. CRITIC ile Hesaplanan Ağırlıkların Kullanıldığı Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	0,018	0,020	0,017	0,021	0,022	0,062	0,049	0,081
A2	0,018	0,020	0,017	0,021	0,022	0,064	0,048	0,091
A3	0,027	0,031	0,026	0,032	0,033	0,051	0,053	0,052

A4	0,027	0,031	0,026	0,032	0,022	0,067	0,049	0,063
A5	0,027	0,031	0,026	0,043	0,033	0,054	0,050	0,032
A6	0,027	0,020	0,026	0,032	0,033	0,044	0,048	0,082
A7	0,018	0,031	0,026	0,032	0,022	0,042	0,050	0,040
A8	0,036	0,041	0,034	0,043	0,043	0,063	0,048	0,082
A9	0,027	0,031	0,026	0,032	0,033	0,058	0,050	0,074
A10	0,027	0,031	0,026	0,032	0,033	0,053	0,050	0,042

Tablo 11 ise D-CRITIC yöntemiyle elde edilmiş ağırlıkların kullanıldığı ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi değerlerini göstermektedir.

Tablo 11: D-CRITIC ile Hesaplanan Ağırlıkların Kullanıldığı Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A1	0,025	0,025	0,017	0,023	0,026	0,055	0,045	0,063
A2	0,025	0,025	0,017	0,023	0,026	0,056	0,044	0,071
A3	0,038	0,038	0,026	0,034	0,039	0,045	0,049	0,040
A4	0,038	0,038	0,026	0,034	0,026	0,058	0,045	0,049
A5	0,038	0,038	0,026	0,045	0,039	0,047	0,046	0,025
A6	0,038	0,025	0,026	0,034	0,039	0,038	0,044	0,064
A7	0,025	0,038	0,026	0,034	0,026	0,037	0,045	0,031
A8	0,051	0,051	0,034	0,045	0,052	0,056	0,044	0,064
A9	0,038	0,038	0,026	0,034	0,039	0,051	0,045	0,057
A10	0,038	0,038	0,026	0,034	0,039	0,046	0,046	0,033

Sonraki adımda da alternatiflerin sırlanmasında referans alınacak pozitif ideal ve negatif ideal çözüm matrisi eşitlik 8 ve eşitlik 9'da gösterildiği mantıkla hesaplanmaktadır. Pozitif ideal ve negatif ideal çözüm kümeleri tablo 12 ile gösterildiği gibidir.

Tablo 12. Negatif İdeal ve Pozitif İdeal Çözüm Kümeleri

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
CRITIC - TOPSIS	A*	0,036	0,041	0,034	0,043	0,043	0,067	0,053	0,091
	A-	0,018	0,020	0,017	0,021	0,022	0,042	0,048	0,032
D-CRITIC -TOPSIS	A*	0,051	0,051	0,034	0,045	0,052	0,058	0,049	0,071
	A-	0,025	0,025	0,017	0,023	0,026	0,037	0,044	0,025

Alternatiflerin sıralanmasında TOPSIS yöntemi daha önce de bahsedildiği gibi her bir alternatifin pozitif ve negatif ideal çözüm kümelerine uzaklıklarına göre sıralama yapmaktadır. CRITIC-TOPSIS yöntemiyle hesaplanan, alternatiflerin pozitif ve negatif çözüm kümesinden kareli uzaklık değerleri tablo 13 ve tablo 14 ile gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

Tablo 13. D-CRITIC-TOPSIS ile Hesaplanan Pozitif İdeal Çözümünden Uzaklık Değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
S1*	6,5E-04	6,5E-04	2,9E-04	5,2E-04	6,9E-04	1,3E-05	1,5E-05	5,7E-05
S2*	6,5E-04	6,5E-04	2,9E-04	5,2E-04	6,9E-04	4,6E-06	2,0E-05	0,0E+00
S3*	1,6E-04	1,6E-04	7,3E-05	1,3E-04	1,7E-04	1,8E-04	0,0E+00	9,1E-04
S4*	1,6E-04	1,6E-04	7,3E-05	1,3E-04	6,9E-04	0,0E+00	1,5E-05	4,8E-04
S5*	1,6E-04	1,6E-04	7,3E-05	0,0E+00	1,7E-04	1,3E-04	7,9E-06	2,1E-03
S6*	1,6E-04	6,5E-04	7,3E-05	1,3E-04	1,7E-04	4,0E-04	2,0E-05	4,5E-05
S7*	6,5E-04	1,6E-04	7,3E-05	1,3E-04	6,9E-04	4,6E-04	1,1E-05	1,6E-03
S8*	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	8,1E-06	2,0E-05	4,5E-05
S9*	1,6E-04	1,6E-04	7,3E-05	1,3E-04	1,7E-04	5,1E-05	1,1E-05	1,8E-04
S10*	1,6E-04	1,6E-04	7,3E-05	1,3E-04	1,7E-04	1,5E-04	7,9E-06	1,4E-03

Tablo 14: D-CRITIC-TOPSIS ile hesaplanan negatif ideal çözümünden uzaklık değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
S1-	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,2E-04	3,1E-07	1,4E-03
S2-	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	3,7E-04	0,0E+00	2,1E-03
S3-	1,6E-04	1,6E-04	7,3E-05	1,3E-04	1,7E-04	6,1E-05	2,0E-05	2,3E-04
S4-	1,6E-04	1,6E-04	7,3E-05	1,3E-04	0,0E+00	4,6E-04	3,1E-07	5,5E-04
S5-	1,6E-04	1,6E-04	7,3E-05	5,2E-04	1,7E-04	9,9E-05	2,8E-06	0,0E+00
S6-	1,6E-04	0,0E+00	7,3E-05	1,3E-04	1,7E-04	2,0E-06	0,0E+00	1,5E-03
S7-	0,0E+00	1,6E-04	7,3E-05	1,3E-04	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-06	3,5E-05
S8-	6,5E-04	6,5E-04	2,9E-04	5,2E-04	6,9E-04	3,4E-04	0,0E+00	1,5E-03
S9-	1,6E-04	1,6E-04	7,3E-05	1,3E-04	1,7E-04	2,0E-04	1,3E-06	1,0E-03
S10-	1,6E-04	1,6E-04	7,3E-05	1,3E-04	1,7E-04	8,6E-05	2,8E-06	5,7E-05

Benzer şekilde CRITIC-TOPSIS yöntemiyle hesaplanan ve alternatiflere ait pozitif ideal çözüm kümesinden ve negatif ideal çözüm kümesinden uzaklık değerleri tablo 15 ve tablo 16 ile gösterilmektedir.

Tablo 15. CRITIC-TOPSIS ile Hesaplanan Pozitif İdeal Çözümünden Uzaklık Değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
S1*	3,2E-04	4,2E-04	3,0E-04	4,5E-04	4,7E-04	1,6E-05	1,8E-05	9,5E-05
S2*	3,2E-04	4,2E-04	3,0E-04	4,5E-04	4,7E-04	5,9E-06	2,4E-05	0,0E+00
S3*	8,0E-05	1,0E-04	7,4E-05	1,1E-04	1,2E-04	2,4E-04	0,0E+00	1,5E-03
S4*	8,0E-05	1,0E-04	7,4E-05	1,1E-04	4,7E-04	0,0E+00	1,8E-05	7,9E-04
S5*	8,0E-05	1,0E-04	7,4E-05	0,0E+00	1,2E-04	1,7E-04	9,4E-06	3,4E-03
S6*	8,0E-05	4,2E-04	7,4E-05	1,1E-04	1,2E-04	5,2E-04	2,4E-05	7,5E-05
S7*	3,2E-04	1,0E-04	7,4E-05	1,1E-04	4,7E-04	5,9E-04	1,4E-05	2,6E-03
S8*	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-05	2,4E-05	7,5E-05
S9*	8,0E-05	1,0E-04	7,4E-05	1,1E-04	1,2E-04	6,6E-05	1,4E-05	3,0E-04
S10*	8,0E-05	1,0E-04	7,4E-05	1,1E-04	1,2E-04	1,9E-04	9,4E-06	2,4E-03

Tablo 16: CRITIC-TOPSIS ile Hesaplanan Negatif İdeal Çözümünden Uzaklık Değerleri

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
S1-	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,1E-04	3,8E-07	2,4E-03
S2-	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,8E-04	0,0E+00	3,4E-03
S3-	8,0E-05	1,0E-04	7,4E-05	1,1E-04	1,2E-04	8,0E-05	2,4E-05	3,8E-04
S4-	8,0E-05	1,0E-04	7,4E-05	1,1E-04	0,0E+00	5,9E-04	3,8E-07	9,2E-04
S5-	8,0E-05	1,0E-04	7,4E-05	4,5E-04	1,2E-04	1,3E-04	3,4E-06	0,0E+00
S6-	8,0E-05	0,0E+00	7,4E-05	1,1E-04	1,2E-04	2,6E-06	0,0E+00	2,5E-03
S7-	0,0E+00	1,0E-04	7,4E-05	1,1E-04	0,0E+00	0,0E+00	1,5E-06	5,7E-05
S8-	3,2E-04	4,2E-04	3,0E-04	4,5E-04	4,7E-04	4,5E-04	0,0E+00	2,5E-03
S9-	8,0E-05	1,0E-04	7,4E-05	1,1E-04	1,2E-04	2,6E-04	1,5E-06	1,7E-03
S10-	8,0E-05	1,0E-04	7,4E-05	1,1E-04	1,2E-04	1,1E-04	3,4E-06	9,5E-05

Son olarak da eşitlik 10, eşitlik 11 ve eşitlik 12 yardımıyla sırasıyla alternatiflerin pozitif ve negatif çözüm kümelerinden uzaklıkları ve ideal çözüme nispi yakınlıkları C_i^* değerleri tabloda gösterildiği gibi hesaplanmıştır ve alternatifler bu değerler göre azalan sırada sıralanmıştır.

Tablo 17: Ayrım Ölçütleri ve Alternatiflerin Sıralanması

D-CRITIC-TOPSIS	CRITIC-TOPSIS
-----------------	---------------

	Si*	Si-	Ci*	Sıralama	Si*	Si-	Ci*	Sıralama
A1	0,054	0,042	0,438	6	0,046	0,053	0,536	5
A2	0,053	0,049	0,481	5	0,045	0,062	0,583	4
A3	0,042	0,032	0,428	7	0,047	0,031	0,397	7
A4	0,041	0,039	0,487	4	0,041	0,043	0,516	6
A5	0,053	0,034	0,396	8	0,063	0,031	0,330	8
A6	0,041	0,045	0,526	3	0,038	0,054	0,587	3
A7	0,061	0,020	0,247	10	0,065	0,019	0,223	10
A8	0,009	0,068	0,888	1	0,010	0,070	0,870	1
A9	0,031	0,044	0,588	2	0,029	0,049	0,627	2
A10	0,048	0,029	0,378	9	0,055	0,026	0,323	9

Entegre D-CRITIC-TOPSIS yöntemiyle yapılan hesaplamalar sonucunda havayollarının belirlenen kriterler göz önünde bulundurularak sıralaması A8>A9>A6>A4>A2>A1>A3>A5>A10>A7 şeklinde bulunmuştur. Geleneksel CRITIC yönteminin kriter ağırlıklarını hesaplamada kullanıldığı yaklaşımda ise A8>A9>A6>A2>A1>A4>A3>A5>A10>A7 şeklinde havayolları sıralanmıştır. Tablo 18 iki yaklaşımla da hesaplanan sıralamaları özetlemektedir.

Tablo 18: Alternatiflerin Sıralanması

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D-CRITIC-TOPSIS	A8	A9	A6	A4	A2	A1	A3	A5	A10	A7
CRITIC-TOPSIS	A8	A9	A6	A2	A1	A4	A3	A5	A10	A7

SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Şirketlerin rekabetçi yapılarını sürdürebilmeleri için operasyonlarını daha etkin hale getirmeleri gerekmektedir. Bu sebeple belirli göstergeler kullanılarak benzer çekirdek iş yapısına sahip diğer şirketlerle karşılaştırmalı analizler şirketlerin güçlü ve zayıf oldukları yanlarını keşfetmelerinde yardımcı bir sistem olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlardan biri de ÇKKV yöntemlerinden faydalanarak belirlenen kriterleri göz önünde bulundurmak suretiyle birimlerin karşılaştırmalı analizlerinin yapılmasıdır.

ÇKKV yaklaşımlarında kriterler gerek karar verici ve/veya uzmanların görüşleri doğrultusunda gerekse de aynı alanda yapılan çalışmalar incelenerek belirlenmektedir. Öncelikle belirlenen kriterler için subjektif ve/veya objektif kriter ağırlıkları hesaplama yöntemleriyle ağırlıklar hesaplanmakta sonraki adımda ise elde

edilen ağırlıklar kullanılarak birimlerin sıralanmasında kullanılan yöntemlerden faydalanarak, belirlenen kriterlere göre birimler en yüksek performanstan en düşük performansa sahip olana doğru sıralanmaktadır. CRITIC yöntemi de objektif kriter ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılan ve araştırmacılar tarafından sıkça tercih edilen yöntemlerden biridir.

D-CRITIC yöntemi, geleneksel CRITIC yönteminin kullandığı Pearson korelasyonu yerine Székely vd. (2007) tarafından literatüre kazandırılan mesafe korelasyonunu kullanan, CRITIC yönteminin modifiye edilmiş bir versiyonudur. Krishnan vd, (2021) tarafından literatüre kazandırılan D-CRITIC yöntemi, kullandığı mesafe korelasyonu ile karar matrisinde yer alan kriterlerin birbirleriyle olan ilişkisini Pearson korelasyonuna kıyasla daha etkin bir şekilde yakalamaktadır. Türkoğlu ve Duran (2023), Ecemiş & Avşar (2023), Eyceyurt Batır (2023), Keleş (2022), Duran (2022), Akgül (2021), Öndeş & Özkan (2021), Bayram (2021), Aydın (2020), Apan & Öztel (2020b), Akbulut (2020), Akbulut (2019), Yalçın & Karakaş (2019) ve Aydın (2019) çalışmalarında geleneksel CRITIC yöntemi farklı alanlarda performans analizi amacıyla kriterlerin ağırlıklarını bulmak için kullanılmıştır. Geleneksel CRITIC yönteminde korelasyonu yüksek olan kritere daha fazla ağırlık verilmektedir ve bu sebeple kriterler arasındaki ilişkinin yansız bir şekilde yakalanması ağırlıkların hesaplanmasını ve nihayetinde birimlerin performanslarına göre sıralanmasını da etkilemektedir. D-CRITIC yaklaşımıyla kriter ağırlıklarının hesaplanması esnasında Pearson korelasyonundan farklı olarak hesaplanan mesafe korelasyonu ile değişkenler arası doğrusal olmayan ilişkiler de yakalanabilmektedir. Literatürde yer alan diğer geleneksel CRITIC yaklaşımını kullanan çalışmalardan farklı olarak önerilen bu entegre yaklaşımda kriterlerin ağırlıkları daha yansız bir şekilde hesaplanabilmektedir.

Bu çalışmada D-CRITIC yöntemi birimlerin sıralanmasında araştırmacılar tarafından çokça tercih edilen TOPSIS yöntemiyle entegre bir şekilde kullanımı adım adım açıklanmaya çalışılmıştır ve 2022 yılında dünyada en fazla yolcu taşıyan 10 havayolu şirketinin 8 kriter bazında değerlendirildiği örnek bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Buna göre kriterler bazında müşteriler tarafından yapılan değerlendirmelere göre puanları oluşan şirketlerin performans analizinde sıralamaların değişimini göz önünde bulundurmak için hem CRITIC yöntemi hem de D-CRITIC yöntemiyle kriter ağırlıkları hesaplanmış ve TOPSIS yönteminde iki yöntemden gelen ağırlıklarda kullanılıp bulgular kısmında raporlanmıştır. Buna göre A3, A5, A6, A7, A8, A9 ve A10 ile temsil edilen havayolları her iki yaklaşımda da performanslarına göre aynı sırada yer alırken; A1 şirketi CRITIC-TOPSIS yöntemiyle yapılan analizde 5. sıradayken D-CRITIC-TOPSIS yöntemi sonuçlarına göre 6. sırada yer almıştır. Benzer şekilde A2 şirketi ilk analizde 5., ikinci analizde 4. sırada, A4 şirketi ise ilk analizde 4., ikinci analizde ise 6. sırada yer almıştır. Bu

durum da Krishnan vd, (2021) çalışmasında bahsedildiği üzere Pearson korelasyonunun değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi yakalamada zayıf kalabileceği durumların mesafe korelasyonu ile geliştirilmiş D-CRITIC yöntemiyle daha etkin bir şekilde yakalanıp analize dahil edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Gelecek çalışmalarda D-CRITIC yöntemi ve CRITIC yöntemiyle ağırlık hesaplamaları yapılarak farklı yöntemlerle entegre şekilde kullanılıp birimlerin sıralamalarındaki değişimler gözlemlenebilmektedir. Yaklaşımın dezavantaj olarak sayılabilecek bir diğer özelliği ise kriter ve alternatif sayısındaki artış, mesafe korelasyonu hesaplaması yaparken işlem sayısını çoğaltacaktır.

Yazar Katkı Oranı ve Çıkar Çatışması Beyanı: Çalışma tek yazarlı olup katkı oranı %100'dür ve herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

AirHelp. <https://www.airhelp.com/> (Erişim Tarihi: 12.02.2023).

Akbulut, O. Y. (2019). CRITIC ve EDAS yöntemleri ile İş Bankası'nın 2009-2018 yılları arasındaki performansının analizi. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 4 (2), 249-263.

Akbulut, O. Y. (2020). Finansal Performans İle Pay Senedi Getirisi Arasındaki İlişkinin Bütünleşik CRITIC ve MABAC ÇKKV Teknikleriyle Ölçülmesi: Borsa İstanbul Çimento Sektörü Firmaları Üzerine Ampirik Bir Uygulama. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (40), 471-488.

Akgül, Y. (2021). Borsa İstanbul'da işlem gören ticari bankaların finansal performansının bütünleşik CRITIC CoCoSo modeliyle analizi. *Ekonomi ve Finansal Araştırmalar Dergisi*, 3 (2), 71-90.

Akyüz, K. C., Çamur, G., & Yıldırım, İ. (2015). Mobilya ve levha sektöründe veri zarflama analizi yardımıyla etkinlik ölçümü. *Turkish Journal of Forestry*, 16 (1), 50-59.

Altintas, F. F. (2022). Karadeniz'e kıyısı olan ülkelerin deniz sağlığı performanslarının analizi: SD tabanlı EDAS yöntemi ile bir uygulama. *Karadeniz Araştırmaları*, (74), 347-362.

Apan, M., & Öztel, A. (2020a). Bütünleşik Entropi-Edas yöntemi ile nakit akım odaklı finansal performans analizi: BIST orman, kâğıt, basım Endeksi'nde işlem gören firmaların 2011-2018 dönem verisinden kanıtlar. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22 (1), 170-184.

Apan, M., & Öztel, A. (2020b). Girişim sermayesi yatırım ortaklıklarının CRITIC-PROMETHEE bütünleşik karar verme yöntemi ile finansal performans değerlendirmesi: Borsa İstanbul'da bir uygulama. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (63), 54-73.

Asker, V. (2021). Havayolu işletmelerinde iki aşamalı veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10 (4), 2373-2385.

Asker, V., Kiracı, K., & Yaşar, M. (2018). Entropi Temelli TOPSIS ve Veri Zarflama Analizi Yöntemleriyle Etkinlik Ölçümü: Türkiye'deki Büyük Havalimanları Üzerine Bir Uygulama.

Aydın, U., & Kaya, G. (2021). Havayollarının Pazarlama ve Finansal Etkinliklerinin Stokastik Sınır Analizi Yöntemi ile İncelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (42), 304-315.

Aydın, Y. (2019). Türkiye'de hayat\emeklilik sigorta sektörünün finansal performans analizi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4 (1), 107-118.

Aydın, Y. (2020). Bütünleşik CRITIC ve MAIRCA Yöntemleri İle Kamu Sermayeli Bankalarının Performans Analizi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5 (4), 829-841.

Bakirci, F., Shiraz, S. E., & Sattary, A. (2014). BIST'da Demir, Çelik Metal Ana Sanayi Sektöründe Faaliyet Gösteren İşletmelerin Finansal Performans Analizi: VZA Süper Etkinlik ve TOPSIS Uygulaması. *Ege Akademik Bakis*, 14 (1), 9.

Batır, T. E. (2023). Covid-19 pandemi sürecinde bankacılık sektörü performansının çok kriterli karar verme yöntemleri ile karşılaştırmalı analizi: CRITIC-EDAS yaklaşımı kapsamında bir inceleme. *Uluslararası Muhasebe ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 4 (2), 186-203.

Bayram, E. (2021). Türkiye'deki katılım bankalarının CRITIC TEMELLİ EDAS yöntemiyle performans değerlendirmesi. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 13 (24), 55-72. <https://doi.org/10.14784/marufacd.879171>

Bilik, M., Aydın, Ü., & Kahyaoğlu, H. (2016). Türkiye Gıda Sanayinde Kısa ve Uzun Dönemli Etkinlik: Stokastik Sınır Analizi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6 (2), 67-84.

Çağlar, A., & Öztaş, G. Z. (2016). Veri zarflama analizi ve analitik hiyerarşi süreci ile sigorta şirketlerinin finansal oran analizi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6 (2), 221-248.

Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & Operations Research*, 22 (7), 763-770.

Doğan, N. (2015). VZA süper etkinlik modelleri ile etkinlik ölçümü: Kapadokya'da faaliyet gösteren balon işletmeleri üzerine bir uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 29 (1).

Doğan, N. Ö., & Gencan, S. (2014). VZA/AHP bütünleşik yöntemi ile performans ölçümü: Ankara'daki kamu hastaneleri üzerine bir uygulama. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16 (2), 88-112.

Duran, Z. (2022). Yeni sanayileşen ülkelerde inovasyon performansının CRITIC tabanlı GİA yöntemiyle değerlendirilmesi. *Uluslararası Yönetim Akademisi Dergisi*, 5 (1), 150-162.

Ecemiş, O., & Avşar, İ. İ. (2023). Türkiye'nin Önde Gelen Ticaret Ortaklarının Lojistik Verimliliklerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 142-163.

Ekinci, R. (2020). Teknik Etkinliğin Ölçümünde Mekânsal Bağımlılığın Etkisi: İmalat Sanayi için Mekânsal Stokastik Sınır Analizi Bulguları. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22 (3), 995-1021.

Esen, H., & Yiğit, V. (2022). Kamu Hastanelerinde Performans Değerlendirmesi: Veri Zarflama Analitik Hiyerarşi Prosesi (VZAHP) ve Pabon Lasso Modeli (PLM) Uygulaması. *Verimlilik Dergisi*, (2), 231-250.

Ghaemi-Zadeh, N., & Eghbali-Zarch, M. (2024). Evaluation of business strategies based on the financial performance of the corporation and investors' behavior using D-CRITIC and fuzzy MULTI-MOORA techniques: A real case study. *Expert Systems with Applications*, 123183.

Görçün, Ö. F., & Küçükönder, H. (2021). Şehirlerarası taşımacılıkta kullanılan otobüslere ilişkin seçimlerin AHP ve CRITIC tabanlı EDAS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17 (4), 1280-1303. <https://doi.org/10.17130/ijmeh.794181>

Gülsün, B., & Erdoğan, K. N. (2021). Bankacılık Sektöründe Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri ile Finansal Performans Değerlendirmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25 (1), 1-15.

Hwang, C. L., Yoon, K., Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey, 58-191.

Karakaya, A., Kurtaran, A., & Dağlı, H. (2014). Bireysel emeklilik şirketlerinin veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü: Türkiye örneği. *Journal of Management and Economics Research*, 12 (22), 1-23.

Keleş, M. K. (2022). CRITIC temelli MABAC yöntemi ile Türk Hava Yollarının yıllara göre performansının değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 6 (1), 53-67.

Keskin, H. İ. (2018). Türkiye’de Aile Sağlığı Merkezlerinin Teknik Etkinliğinin Araştırılması: Veri Zarflama ve Süper Etkinlik Yaklaşımı. *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5 (13), 173-185.

Koca, M., & Demir Uslu, Y. (2022). Sağlıkta verimlilik karne uygulamaları, hastanelerin etkinliğinin retrospektif olarak stokastik sınır yaklaşımı ile değerlendirilmesi: AI rol grubu hastaneler örneği. *Türkiye Klinikleri Sağlık Bilimleri Dergisi*.

Koyubenbe, N., & Özden, A. (2011). Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Parametrik Etkinlik Ölçümü: İzmir İli Örneği. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (2), 23-27.

Krishnan, A. R., Kasim, M. M., Hamid, R., & Ghazali, M. F. (2021). A modified CRITIC method to estimate the objective weights of decision criteria. *Symmetry*, 13 (6), 973.

Maneengam, A. (2023). Multi-Objective Optimization of the Multimodal Routing Problem Using the Adaptive ϵ -Constraint Method and Modified TOPSIS with the D-CRITIC Method. *Sustainability*, 15 (15), 12066.

Öndeş, T., & Özkan, T. (2021). Bütünleşik CRITIC-EDAS yaklaşımıyla covid-19 pandemisinin bilişim sektörü üzerindeki finansal performans etkisi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12 (2), 506-522.

Öztürk, Z., & Yıldız, M. (2016). Hastane Etkinliklerinin Tahmininde Stokastik Sınır Analizi; Tarihi ve Amprik Uygulamaları. *Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi*, 1 (3), 1-12.

Peker, İ., & Birdoğan, B. (2009). Veri zarflama analizi ile Türkiye havalimanlarında bir etkinlik ölçümü uygulaması. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18 (2), 72-88.

Perçin, S., & Çakır, S. (2012). Demiryollarında Süper Etkinlik Ölçümü: Türkiye Örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 27 (1), 29-45.

Skytrax. <https://www.airlinequality.com/> (Erişim Tarihi: 24.03.2023).

Székely, G.J., Rizzo, M.L.& Bakirov, N.K. (2007). Measuring and testing dependence by correlation of distances. *Ann. Stat.*, 35, 2769–2794.

Tutulmaz, O., & Şahin, H. (2014). Türk havayolu ulaştırmasının açılım dönemine yönelik teknik etkinlik analizi: Bir stokastik sınır yöntemi uygulaması. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18 (2), 49-73.

Türkoğlu, M., & Duran, G. (2023). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Bölgesel Kapsamlı Ekonomik Ortaklık (Rcep) Ülkelerinin Lojistik Performanslarının Değerlendirilmesi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 15 (1), 45-69.

Yalçın, N., & Karakaş, E. (2019). Kurumsal sürdürülebilirlik performans analizinde CRITIC-EDAS yaklaşımı. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34 (4), 147-162.

Zhang, H., & Wei, G. (2023). Location selection of electric vehicles charging stations by using the spherical fuzzy CPT–CoCoSo and D-CRITIC method. *Computational and Applied Mathematics*, 42 (1), 60.