

Araştırma Makalesi

# HAVACILIKTA OPERASYONEL AKSAKLIK MALİYETLERİNİN MOORA YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

**Orhan Tayfun YILDIZ<sup>†</sup>, Özlem DENİZ BAŞAR<sup>††</sup>**<sup>†</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye<sup>††</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye<https://orcid.org/0000-0002-9430-8975>, <https://orcid.org/0000-0002-7773-3734>[tayfunyildiz@hotmail.com.tr](mailto:tayfunyildiz@hotmail.com.tr), [odeniz@ticaret.edu.tr](mailto:odeniz@ticaret.edu.tr)

## ÖZET

Bu çalışmada; havacılık sektöründe yaşanan istenmeyen operasyonel aksaklık durumlarının genel değerlendirmesi yapılmış, bu aksaklıkları standardize eden kuruluşlar ve bu kuruluşların yolcu ve havayollarını bağlayan kuralları aktarılmıştır.

Havayollarının aksaklık durumlarında yolcuları farklı havayollarına aktarma zorunlulukları üzerine ortaya çıkan çalışmada; hem yolcuların yaşayabileceği aksaklıkları hem de havayollarının üzerindeki maliyetleri düşürmek için MOORA Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi uygulanmıştır. MOORA'nın sıralama yöntemleri olan oran yaklaşım ve referans noktası yöntemleri detaylandırılarak açıklanmış ve literatür örnekleri verilmiştir. Uygulama için beş alternatif seyahat planı oluşturulmuş ve yedi farklı kriter dikkate alınarak oran yaklaşım ve referans noktası yöntemleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar kendi aralarında karşılaştırılarak, havayolları ve yolcular açısından en iyi alternatif seyahatin seçilmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak, seçilen seyahatin havayolu maliyetlerini minimize edeceği ve şirketlerin ticari başarılarına pozitiflik yaratabilecek ayrı bir ürün haline dönüştürülebileceği gösterilmiştir.

Ayrıca, gelecekte yapılacak olan çalışmalar için öneriler sunulmuş, daha büyük veri setleri ve farklı sıralama yöntemleriyle çalışılmasının gerekliliği betimlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Havacılık, IATA, Maliyet, Operasyonel Aksaklık, IROP, MOORA

## ASSESSING THE COST OF IRREGULAR OPERATIONS IN AVIATION BY APPLYING MOORA METHOD

### ABSTRACT

This paper focuses on a general assessment of involuntary irregular operations in the airline industry, provides information on regulative institutions and these institutions' regulations that bind both the airlines and passengers.

Due to airlines' binding rules for reaccommodation of the passengers, MOORA Multi-Criteria Decision-Making method is applied for both eliminating high transfer and travel times of the passengers and reducing the airlines' cost value. Then, MOORA's Ratio Analysis and Reference Point ranking methods are described and literatures provided. Five different itineraries and seven criteria selected for the application of MOORA Ratio Analysis and Reference Point methodologies. The results being accumulated from multiple methods have been compared and the best itinerary option selected for both the passengers and airlines. Consequently, it is demonstrated that selected itinerary option(s) will decrease airline cost and may be transformed to a standalone product that could help companies for their commercial success.

In addition, suggestions for the necessity of working with much bigger data sets and different ranking methods in the future for a more robust analysis provided.

**Keywords:** Aviation, IATA, Cost, Irregular Operation, IROP, MOORA

Geliş/Received : 20.03.2020  
Gözden Geçirme/Revised : 23.03.2020  
Kabul/Accepted : 15.05.2020

## 1. GİRİŞ

ABD (Amerika Birleşik Devletleri) Ulaştırma Bürosu istatistiklerine göre, uçuş iptallerinin başlıca nedenleri şiddetli hava şartları (hortum, tipi veya kasırga), havayolu veya havaalanı operasyon sorunları (mekanik problemler, mürettebat sıkıntısı, kayıp bagaj, geç gelen uçaklar, yoğun trafik hacmi ve güvenlik nedenleridir (Terör tehdidi nedeniyle terminal tahliyesi, güvenlik ihlali nedeniyle yeniden biniş). İptaller veya gecikmeler, uçuşu aksamış olan yolcular ve mürettebat için otel ve konaklama giderleri, yolculara ödenebilecek maddi tazminatlar ve diğer havayollarına bilet ödemeleri de dâhil olmak üzere, ek maliyetlere neden olabilmektedir (Council of the European Union, 2004).

Aksaklıklara yönelik olarak geliştirilen çözümler henüz çok olgunlaşmış durumda değildir. Havayolları bu karmaşık sorunların üstesinden gelebilmek için konuya nasıl yaklaşacaklarından emin olmamakla birlikte, bu durumları çözmek için hâlihazırda kanıtlanmış prosedürler veya örnek uygulama da mevcut bulunmamaktadır. Yalnızca birkaç büyük havayolu şirketi, başarılı olması halinde kendi ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş çözümler üretmeye yönelik iyileştirmeleri test etmeye devam etmektedirler.

Operasyonel aksaklık durumlarında yaşanan kaos ve yolcu hacminden dolayı hem yolcunun aktarılacağı taşıyıcının hem de hangi ücret seviyesinin kullanılacağına belirlenmesinde otomatik seçim sistemleri kadar verimli ve hızlı aksiyon alınamamaktadır. Bu çalışmada da, birden fazla kombinasyonun olduğu bir örneklemede Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV)'nden birisi olan MOORA Yöntemi'ni kullanarak minimum maliyetli alternatif taşıyıcı seçimine ilişkin bilgiler verilecektir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

MOORA yöntemi birçok problemin çözümünde ÇKKV Yöntemi olarak tercih edilmiş ve başarılı şekilde uygulanmıştır.

Yıldırım & Önay (2013), Bulut Teknolojisi kullanan şirketler üzerine yapılan değerlendirmede MOORA yöntemini Analitik Hiyerarşik Süreç (AHS) ile birleştirerek, Bulut Teknolojisi sağlayan beş firma için on farklı kriterde sıralama yapmıştır. MOORA'nın sıralama yöntemleri olarak oran yöntemi ve referans noktası yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak; ele aldıkları raporda performansı en iyi olan firma ile MOORA Yöntemi'nde bulunan firma sıralamaları benzer sonuçlar vermiştir.

Özçelik ve ark. (2014), Kayseri'de kurulacak olan rehabilitasyon merkezinin seçiminde AHS ve MOORA yöntemlerini kullanarak bulanık analiz gerçekleştirmişlerdir. Eğitim, ergonomi, binanın uygunluğu, maliyet gibi kriterleri ele alarak gerçekleştirdikleri analiz sonucunda MOORA'nın alternatiflerin seçimi için efektif bir yöntem olduğuna karar verilmiştir.

Metin ve ark. (2017), Borsa İstanbul'da işlem gören enerji şirketlerinin finansal performanslarının değerlendirilmesi için yaptıkları analizde TOPSIS ve MOORA ÇKKV Yöntemleri'ni kullanmışlardır. Analizin gerçekleştirilmesi aşamasında 11 enerji şirketinin 2011 ve 2015 yılları arasındaki finansal mali tabloları göz önüne alınmıştır. Analiz sonucunda TOPSIS ve MOORA'nın birbirlerinden oldukça farklı sonuçlar verdiği ve kriterlerin belirlenmesi aşamasında maksimizasyon ve minimizasyon yönlü verilerin iyi belirlenmesinin gerektiği belirtilmiştir.

Gadakh ve ark. (2013), kaynak sistemi parametrelerinin optimize edilmesi için yaptığı karar verme analizinde MOORA'dan yararlanmışlardır. Çalışmanın sonucunda; MOORA ile elde edilen sonuçların diğer araştırmacıların farklı yöntemler kullanarak yaptıkları sonuçlara benzer yanıt verdiği görülmüş ve uygulanabilirlik, potansiyel ve esnekliği sebebiyle günlük hayattaki üretim ortamlarında da rahatlıkla kullanılabilmesi iletilmiştir.

İç (2019), çok amaçlı kredi değerlendirme ve amaç programlama modelinin belirlenmesinde MOORA kullanarak, gerçek zamanlı ticari bankacılıkta karşılaşılan şirketlere verilecek olan kredinin belirlenmesi probleminde ışık tutmaya çalışmıştır. Sonuç olarak MOORA yönteminin bilgisayar tabanlı bir sisteme çok rahat bir şekilde entegre edilebileceği ve çalışmada elde edilen sonuçların farklı finansal karar verme alanlarında da kullanılabilmesi belirtilmiştir.

W. M. K. Brauers (2014), bir şirketin liman yeri seçiminde beş farklı alternatifi MOORA yöntemiyle sıralamıştır. Proje; farklı ulusal ve uluslararası kısıtlamaların mevcut olması ve kurulacak olan limanların ekolojik etkenleri de dikkate alması gibi hususlardan ortaya çıkmıştır. Bir başka deyişle, tek bir birim ile gösterilmeyen birden fazla

kriter ve kısıta sahip olması dolayısıyla karar verme mekanizmalarına ihtiyaç duyulmuştur -ki bu durum da verilerin normalize edilmesini gerektirmiş ve referans noktası yöntemi kullanılarak çözümlenmeye çalışılmıştır.

Yüksel ve ark. (2017), Türk mevduat bankalarının performans değerlendirmesi için DEMATEL ve MOORA yöntemlerinden yararlanmıştır. Çalışmanın sonucunda her iki yöntemin de mantıklı sonuçlar verdiği görülmüş ve yabancı bankaların, ulusal devlet ve özel bankalara göre daha iyi performansa sahip olduğu kararına varılmıştır.

W. K. M. Brauers & Zavadskas (2010), geçişken ekonomilere destek olacak bir proje yönetimi için geleneksel Maliyet-Fayda analizlerinin yetersiz gelmesinden dolayı MOORA ve MULTIMOORA yöntemini kullanmıştır.

A. Baležentis ve ark. (2010), Litvanya'nın Avrupa Birliği'ndeki konumunun değerlendirilmesi için birden fazla indikatör kullanarak ülkeleri kendi içlerinde MOORA ve MULTIMOORA yöntemini kullanarak sıralamıştır. Bu sıralamalar yapılırken Avrupa Birliği ülkelerinin ekonomik geçmişleri, işsizlik oranları, inovasyon ve araştırma durumları, ekonomik reformları gibi kriterlerden yararlanılmıştır.

### 3. HAVACILIKTA OPERASYONEL AKSAKLIKLAR

Rupp ve Holmes (2006), 1995-2002 dönemine ait gözlemlerine dayanarak yaptıkları ABD iç hat uçuşları panelinde, bir probit olasılık modeli kullanarak uçuş iptallerine neden olan belirleyici faktörleri araştırmışlardır. Araştırmacılar, uçuş iptallerinin sadece tesadüfi bir bileşenden, örneğin kötü hava koşullarından kaynaklanmadığını, havayolu kararları gibi stratejik bileşenlerin de iptallerde rol oynadığını tespit etmişlerdir. Rupp ve Holmes (2006) araştırmasının temel sonuçları, havayolu şirketlerinin mahsur kalan yolcuların konaklama ve yiyecek masraflarının yanı sıra, olası maddi tazminatlar gibi ilave masraflardan kaçınmak istediği için uçuş iptallerinin hafta sonları veya uçuşun son gününde yaşanması olasılığının daha düşük olduğu gerçeğini de ortaya koymaktadır. Dahası, araştırmacılar uçuş iptallerine neden olan diğer faktörlerin havayolunun ilgili hattaki kârlılığı, havaalanı aktarma durumu, destinasyon ve havaalanı rekabeti gibi faktörler olduğunu da kanıtlamışlardır.

Havayollarının hizmet kalitesi, planlı tarifelerinin gereksinimlerini karşılama yeteneklerine bağlıdır. Bununla birlikte, şiddetli hava koşullarından, bir kabin görevlisinin göreve gecikmesine kadar uzanan çok çeşitli olaylar havayollarının bu planlı tarifeleri sürekli olarak karşılama yeteneklerine de darbe vurabilmektedir. Fırtınalı hava koşulları gibi bazı durumlarda, sadece tek bir havaalanı birkaç saat boyunca etkilenebileceği gibi daha büyük çaplı bir hava olayı, havayolu şirketinin tarifeli uçuşlarının günlerce ve binlerce kilometre kare çapındaki bir alanda aksamasına da yol açabilmektedir.

Aksama, sürekliliği erteleme veya kesintiye uğratma olarak da tanımlanmaktadır. Aksamaların havayolu üzerindeki etkisi bazı durumlarda minimum seviyede olabildiği gibi bazen de daha şiddetli hale gelebilmektedir. Bu ise, havayolu şirketlerinin önemli sayıda uçuşu ertelemesine, iptal etmesine veya farklı havalimanlarına yönlendirmesine, dolayısıyla da ciddi oranda ilave maliyetle karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır.

Tek bir olay birden fazla gecikmeye neden olduğunda, yolcuların seyahat programları ve havayolu tarifeleri ciddi şekilde zarar görmektedir. Böyle durumlarda havayolu personelleri, uçuşları yeniden planlamak ve yolcuları diğer uçuşlara aktarmak için uğraşmaktadırlar. Bir şehirde iptal edilen bir uçak bir başka şehirde yapılacak olan kalkışa planlanabileceği için genellikle aksamalar çok daha hızlı şekilde de yayılabilmektedir. Yaşanan bu aksaklıkların havayollarına maliyeti havayolu şirketlerinin gelirinin %8'ine, bir başka ifadeyle ise, dünya çapında toplamda 60 milyar ABD doları tutarında bir zarara tekabül etmektedir.

Sektörde operasyonel aksaklıklar ve düzensiz operasyonlar (IROPS) olarak adlandırılan bu problem, çözüm bulmanın zorluğu nedeniyle havacılık tarihi boyunca var olmuştur. Zararı engelleyecek bir program oluşturmak adına sınırlı uçak ve mürettebat kaynağının etkin bir şekilde tahsis edilmesi için bir hayli zaman harcanmasına rağmen, operasyonel aksaklıklarda tarifeleri yeniden düzenlemek için kullanılacak yalnızca birkaç araç varolmuştur.

Bu sorunu otomasyon yoluyla çözmeye girişimleri henüz pek başarılı olamamıştır. Bunun çeşitli nedenleri olsa da, temel olarak havacılığı oluşturan tüm bileşenlerin karmaşıklığı ön plana çıkmaktadır. Örneğin; büyük bir şehre gidiş veya dönüş yapan yolcular, birbirinden farklı 40 veya daha fazla seyahat gerçekleştirebilmektedir. Uçuşun tamamlanmasının ardından, uçak ve mürettebat genellikle farklı yönere ayrılır, çünkü her biri farklı düzenleme kurallarına ve fiziksel sınırlamalara tabidir.

Aksamalar, özellikle de hava koşulları nedeniyle yaşanan aksamaları tamamen önlemek imkânsızdır. Ancak, böyle bir soruna yönelik tatmin edici bir çözümün geliştirilmesinin, yolcuların üzerinde olumlu bir dizi etkinin yaşanmasını sağlaması kaçınılmazdır. Her ne kadar hususun ticari boyutu olsa da, seyahat eden insanların bir satranç tahtasındaki satranç taşlarından ibaret olmadıklarını da unutmamak gerekir. Zira ister iş, isterse de kişisel sebeplerle olsun tüm yolcular belirli amaçlar doğrultusunda seyahat etmektedirler. Uçuş aksaklığı yönetiminin nihai amacı da, yolcuların aksaklık meydana geldikten sonra sorunlarının en kısa sürede giderilmesine ve uçuş sonrası hayatlarına geri dönmelerine yardımcı olmaktır.

Havacılıkta yaşanan uçuş aksaklıklarının 10 yaygın nedeni aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Amadeus IT Group SA, 2016):

- **Hava koşulları:** Sis, buz, kar veya ısı, altyapıyı olumsuz şekilde etkileyebilmektedir,
- **İş bırakma eylemi:** Havayolu personeli, havaalanı yer hizmetleri şirketi veya yerel halk tarafından yapılan protesto gösterileri/grev eylemleri,
- **Üçüncü taraf kaynaklı sorunlar:** Örneğin, havaalanı bağlantı yollarındaki yerel ulaşım ağlarıyla ilgili sorunlar kalkışlarda uçağı kaçırarak yolcu sayısının artmasına neden olabilmektedir,
- **Mürettebat lojistiği:** Personeli fazla mesai durumlarından korumak için alınan yasal önlemler, aksaklıklarla mücadeleyi engelleyebilmektedir. Uçuş mürettebatının, uyması gereken görev sınırlamaları bulunmaktadır.
- **Doğal afetler:** Tehlikeli hava şartlarında yapılan kitlesel tahliyelerin operasyon üzerinde etkileri olabilmektedir.
- **Sivil kargaşa:** İsyan ve terörizm. Yolcu güvenliğine yönelik herhangi bir tehdit operasyonları durdurmaktadır.
- **Yerel seviyedeki kural dışı durumlar:** Bölgesel sorunlar - örneğin pistlerde engel teşkil eden hayvanlar.
- **Mekanik ve teknik sorunlar:** Çözülmesi zaman alan, uçak veya destek sistemleri ile ilgili teknik sorunlar.
- **Operasyonel sorunlar:** Havaalanı veya havayolu operasyonel sistemlerini etkileyen olaylar.
- **Sağlık:** Hastalanan yolcular gecikmelere neden olabilmekte veya büyük bir virüs kaynaklı bir enfeksiyonun yayılması ülkeleri veya bölgeleri izole edebilmektedir. (SARS, İspanyol Gribi, COVID-19 vb.)

### 3.1. Endüstri Standart ve Uygulamaları

Havacılık endüstrisinde yaşanan aksaklıkların hem yolcu hem de havayolu şirketlerine olan külfetlerini minimize etmek için çeşitli standardizasyon, regülasyon ve yasalar oluşturulmuş ve haklar koruma altına alınmaya çalışılmıştır. Özellikle Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA - International Air Transport Association) standartları havayolu ve yolcu açısından bakış açısı sağlarken; Avrupa Birliği Komisyonu yasaları ise yolcuların uçuş aksaklık durumlarında alabilecekleri tazminatların belirlenmesi için önemli olmaktadır.

#### 3.1.1. IATA Standardizasyonları

IATA, özellikle Interline seyahatleri içeren uçuş aksaklık durumlarında veya havayollarının diğer havayolu taşıyıcılarına yolcu aktaracakları durumda Resolution 735d, Resolution 737 ve RP1735 gibi kuralların uygulanmasını önermektedir. Sektördeki havayolları da hem aksaklıklar sonrası IATA Mahsuplaşma Kurumu (ICH - IATA Clearing House) aracılığıyla gerçekleştirilecek olan fatura ödemelerinde sorun yaşanmaması hem de birleşik bir kurallar bütünü için bu standartlara riayet etmektedirler (International Air Transport Association - IATA, 2019).

IATA'nın en son 1 Haziran 2019 tarihinde yürürlüğe giren Resolution 735d kurallarına göre bir seyahatin uçuş aksaklığı sayılabilmesi için havayollarının aşağıdaki şartlardan bir veya birkaçının gerçekleşmiş olması gerekmektedir:

- Uçuşu iptal etmesi,
- Tarifesi planlanmış bir uçuşu, planlanmış tarife saatlerinde gerçekleştirememesi,
- Yolcunun nihai veya aktarma yapacağı destinasyonlardan birisine iniş yapamaması,
- Daha önce konfirme edilmiş yeri sağlayamaması,
- Rezervasyonu olan bir yolcunun bir sonraki uçuş bağlantısını kaçırmasına sebebiyet vermesi,

Havayollarının birbirlerine yolcu verirken ticari maliyetleri göz önünde bulundurduğu da bilinmektedir. Bu sebeple, maliyetleri minimize etmek ve diğer havayollarına aktardığı yolcuların gerçekten operasyonel aksaklıktan dolayı verildiğini kanıtlamak için bazı ek kontrol kurallarını izlemek zorundadırlar. IATA Resolution 735d, bir yolcunun diğer havayolu tarafından operasyonel aksaklık çerçevesinde değerlendirilmesi için aşağıdaki kuralları getirmektedir;

- Uçuş aksaklığı yaşanan tarih, uçuşun tarifeli gününde veya en geç bir gün öncesinde olması gereklidir,
- Aksaklıktan dolayı aktarılacak olan yolcuların biletlerin, operasyonel aksaklıktan dolayı sorun yaşandığı bilgisi düştürmelidir,
- Yeni bilete yapılan değişiklik tarihi ile yeni biletteki ilk uçuşun tarihleri arasında 2 veya 2'den daha az gün olmalıdır,
- Yeni bilete yapılan değişiklik tarihi ile faturalanacak olan diğer havayolu uçuşunun kalkış tarihi arasında 5'den daha az gün olmalıdır.

### 3.1.2. Avrupa Birliği Komisyonu Yasaları

Avrupa Birliği Komisyonu ise IATA'dan farklı olarak genellikle yolcu mağduriyetinin giderilmesini yasalaştırmıştır. Kendinden önceki Regülasyon (EEC) No. 295/91'in yerine gelerek Regülasyon (EC) No. 261/2004 ismini alan bu yasa, 11 Şubat 2004 tarihinde önerilmiş 17 Şubat 2005'te kabul edilmiştir. Yasa herhangi bir Avrupa Birliği Ekonomik Alanı (EU/EEA) ülkesinden kalkış/varış yapan yolcuları kapsamaktadır (Council of the European Union, 2004).

Yolcuların yasalarda geçen imkân ve tazminatlardan yararlanmaları için öncelikle aşağıdaki şartları sağlamış olmaları gerekmektedir:

- Yolcular konfirme bir uçuş biletine sahip olmalıdır ve,
- Check-In bankalarına zamanında başvuru yapmış veya eğer zaman belirtilmediyse en az 45 dakika önce orada bulunmuş olmalıdır.
- Aynı zamanda bu yolcuların rezervasyonu olan bir uçuştan başka bir uçuşa transfer edilmiş ve ücretli bir bilete sahip olması da gereklidir.

Havayolları eğer yukarıda yolcuya gerekli bildirimleri yapamazsa, yolculara Avrupa Birliği Komisyonu tarafından belirlenmiş tazminatları ödemekle yükümlüdür. Bu tazminatlar uçuşların uzaklığı, yaşanan aksaklığın derecesi gibi etkenlerle kategorize edilmiştir. Buna göre havayolları;

- Eğer uçuş 1500 km.'den daha azsa ve yaşadığı gecikme 2 saatten fazlaysa 250€ (Tip 1 Uçuş),
- Eğer uçuş AB sınırları içerisinde/dışında kalıyorsa, uzaklığı 1500 km.'den fazla 3500 km.'den azsa ve yaşadığı gecikme 3 saatten fazlaysa 400€ (Tip 2 Uçuş),
- Eğer bir uçuş AB sınırları dışında kalıyorsa, uzaklığı 3500 km.'den fazlaysa ve yaşadığı gecikme 4 saatten fazlaysa 600€ (Tip 3 Uçuş) tazminat ödemeye yükümlüdür.

Ayrıca bunların yanında tıpkı IATA kurallarında olduğu gibi bekleme süresiyle endeksli yeterli yiyecek/içecek; 2 telefon araması, faks veya teleks, e-posta gibi iletişim hakları ve gerektiği durumlarda bir sonraki uçuş tarihine otel konaklaması ile bu otele ulaşım masraflarının hepsini karşılamakla yükümlüdür.

Bazı durumlarda havayollarının içinde buldukları ittifaklar da kendilerine özgü yolcu koruma kuralları yayımlayabilmekte ve bunun uygulanmasını sağlatmaktadır. Bu anlaşmaların çerçevesine göre eğer iki havayolu aynı ittifak içerisindeyse, herhangi bir aksaklık durumunda sorunu yaşatan havayoluna ve yolcularına azami şekilde özen göstermekte ve kendi yolcularından ayırmadan aksaklığı gidermeye çalışmaktadır.

#### 4. MOORA ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ

MOORA yöntemi ilk olarak Brauers ve Zavadskas tarafından 2004 yılında ortaya atılmıştır ve son yıllarda sıklıkla kullanılan bir çok kriterli karar verme yöntemine dönüşmüştür (Mandal & Sarkar, 2012). Yöntem, birden fazla varsayımın gruplandırılması üzerine kurulmuştur. Aynı zamanda, çeşitli kısıtlamalara bağlı olan iki veya daha fazla kriterin aynı anda optimize edilmesi süreci olarak da bilinir (Gadakh, 2011). Aynı anda hem uygun hem de uygun olmayan, yani tüm kriterlerin değerlendirmesini yapabilir.

En iyi karar seçeneklerinin belirlenmesi için elde edilen sonuçlar, karar seçeneklerinin karşılaştırılmasını kolaylaştırmaktadır ve bu nedenle MOORA yöntemi karar kriterlerini sıralamada ve seçmede etkili bir ÇKKV Yöntemi olmaktadır. MOORA'nın Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), TOPSIS, ELECTRE, VIKOR ve PROMETHEE gibi diğer ÇKKV Yöntemleri'ne göre daha popüler olmasını sağlayan başlıca nedenler daha az sayısal hesaplama gerektirmesi, daha az hesaplama süresine sahip olması, daha basit ve daha stabil olmasıdır. Brauers ve Zavadskav (2012) bu karşılaştırma detaylarını Tablo 1'de görülen şekilde sıralamış ve görselleştirmiştir.

**Tablo 1.** ÇKKV Yöntemleri'nin Karşılaştırılması

ÇKKV Yöntemi	Hesaplama Süresi	Basitlik	Matematiksel Hesaplama	Güvenilirlik	Veri Tipi
MOORA	Çok Az	Çok Basit	Minimum	İyi	Nicel
AHS	Çok Az	Çok Kritik	Maksimum	Zayıf	Karma
TOPSIS	Orta	Makul Kritik	Orta	Orta	Nicel
VIKOR	Az	Basitlik	Orta	Orta	Nicel
ELECTRE	Yüksek	Makul Kritik	Orta	Orta	Karma
PROMETHEE	Yüksek	Makul Kritik	Orta	Orta	Karma

Yöntemi uygularken uygun bulgular elde etmek amacıyla dikkat edilmesi gereken bazı koşullar mevcuttur. Bunlar; etkilenen tüm faktörlerin hesaba katılması, tüm kriterlerin dikkate alınması, alternatifler ve kriterler arasındaki tüm ilişkilerin dikkate alınması, objektif olunması ve en güncel verilerin kullanılmasıdır. Nihai değerlendirme, farklı MOORA yaklaşımları uygulanarak yapılmalıdır (Karaca, 2011).

MOORA'nın oran yaklaşımı, referans nokta yaklaşımı, önem katsayısı, tam çarpım formu ve MULTIMOORA olmak üzere çeşitli yöntemleri bulunmaktadır. Tam çarpım formu dışında kalan bütün yaklaşımlarının işlem sırası oran yaklaşım yöntemi ile başlamaktadır.

##### 4.1. MOORA Yöntemi İşlem Adımları

Karar seçenekleri Eşitlik (1) ile formüle edilir. İlgili formülde  $m$  karar seçeneklerini sayısını ifade ederken,  $n$  ise kriterlerin sayısını göstermektedir.

$$A = a_1, a_2, a_3, \dots, a_m \quad (1)$$

Kriterler ise Eşitlik (2) ile formüle edilir.

$$K = k_1, k_2, k_3, \dots, k_n \quad (2)$$

#### 4.1.1. Adım 1: Başlangıç Matrisinin Oluşturulması

Satırların karar seçeneklerini, sütunlar ise kriterleri ifade ettiği bir başlangıç matrisi oluşturulur. Bu matriste;  $x_{ij}$ ,  $i$ . seçeneğin  $j$ . kritere göre performans değeri gösterilir.  $n$  karşılaştırılacak seçeneklerin sayısını gösterirken,  $m$  ise kriterlerin sayısını ifade eder. Eşitlik (3) ilgili matrisi göstermektedir.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

#### 4.1.2. Adım 2: Başlangıç Matrisin Normalize Edilmesi

Matrisin normalize sürecinde kriterlerin maksimizasyon ya da minimizasyon yönlü olup olmadıklarına bakılmaksızın Eşitlik (4)'te görüldüğü gibi formüle edilir.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}} \quad (4)$$

$x_{ij}^*$   $i$ . seçeneğin  $j$ . amaca göre normalleştirilmiş performans değerini verir.

#### 4.1.3. Adım 3: Oran Yaklaşım Yöntemi ve Karar Seçenekleri Performanslarının Hesaplanması

Normalleştirilmiş maksimizasyon yönlü performans değerlerinin toplamından minimizasyon yönlü performans değerlerinin toplamı çıkartılır. İlgili işlem Eşitlik (5)'deki gibi formüle edilir.

$$y_j^* = \sum_{i=1}^{i=g} x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^{i=n} x_{ij}^* \quad (5)$$

$g$ , maksimize edilecek amaç sayısını;  $(n-g)$ , minimize edilecek amaçların sayısını ve  $y_j^*$  ise  $j$ . Seçeneğin tüm amaçlara göre normalize edilmiş değerini ifade etmektedir.

#### 4.1.4. Adım 4: Referans Noktası Yaklaşımı Yöntemi

MOORA referans noktası yaklaşımı yönteminde, oran yaklaşım yöntemine ek olarak her kriter için referans noktalar belirlenmektedir. Bu teori için halihazırda normalize edilmiş olan veriler esas alınır. Oran yaklaşım yönteminden farklı olarak, her amaç için; amaç maksimizasyon ise maksimum noktalar, amaç minimizasyon ise minimum noktalar olan maksimal amaç referans noktaları ( $r_i$ ) oluşturulur. Daha sonra, belirlenen bu noktalar ile normalize edilmiş her  $x_{ij}^*$  noktası arasındaki uzaklıklar Eşitlik (6) ile bulunur.

$$r_i - x_{ij}^* \quad (6)$$

Burada;

$i = 1, 2, \dots, \dots, m$  alternatiflerin sayısını,

$j = 1, 2, \dots, \dots, n$  kriterlerin sayısını,

$x_{ij}^*$ ,  $i$ . alternatifin  $j$ . amaçtaki normalize edilmiş değerini,

$r_i$ ,  $i$ . kriterin referans noktasını göstermektedir.

Referans noktalar ve alternatifler arasındaki uzaklığı ölçmek için ise Eşitlik (7)'de görülen "Tchebycheff Min-Maks Metriği" uygulanır. Her seçeneğin en yüksek değeri bulunur ve bulunan seçenekler küçükten büyüğe doğru sıralanır. Bu sıralama işlemi sonucunda en üstte kalan seçenek en iyisi olarak değerlendirilir.

$$\min_j \left\{ \max_i |r_i - x_{ij}^*| \right\} \quad (7)$$

İstenildiği takdirde, referans noktası yaklaşımındaki formüle her bir kriterin ağırlık katsayısı eklenerek ( $w_i$ ) de hesaplama yaptırılabilir. Böylelikle önem verilmek istenen kriterlerin etkisi daha tutarlı bir şekilde ölçülebilmektedir. Bu işlem Eşitlik (8) ile gösterilmiştir.

$$\min_j \left\{ \max_i |w_i r_i - w_i x_{ij}^*| \right\} \quad (8)$$

## 5. MOORA UYGULAMA ANALİZİ

Analiz için yolcuların seyahatini ve aynı zamanda işletmenin maliyetini etkileyebilecek 7 farklı kriter seçilmiştir. Kriterler seçilirken hem veriler değerlendirilmiş hem de sektör profesyonellerinden görüş alınmıştır. (C1) Toplam Uzaklık (Total Distance), (C2) Yoldan Sapma (Circuitry), (C3) Seyahat Süresi (Travel Time), (C4) Kapıda Bekleme Süresi (Gate Waiting Time), (C5) Transfer Sayısı (Transfers), (C6) Toplam Maliyet (Total Cost) ve (C7) İttifak Taşıyıcısı Olma (Alliance Carrier) olarak belirlenen kriterler MOORA ile aşağıdaki şekilde yorumlanmıştır.

### 5.1. Adım 1: Başlangıç (Karar) Matrisinin Oluşturulması

MOORA'nın ilk adımı olarak  $X_{ij}$  başlangıç matrisi oluşturulur. Satırlar seyahat ve havayolu kombinasyonlarını belirtirken, sütunlar ise kriterlerden oluşmaktadır. Başlangıç matrisi için kullanılan verilerde, kolay analiz edilebilmesi için her bir alternatife sıra numarası atanmıştır ve Eşitlik (3)'te ifade edilen şekilde Tablo 2'te gösterilmiştir. Analizi gerçekleştirilen verinin seyahat ve havayolu kombinasyonlarını içeren bilgiler ise Tablo 1 ile paylaşılmıştır.

**Tablo 1.** Seyahat Detayları ve Taşıyıcıları

,	Seyahat	Uçuş 1	Uçuş 2	Uçuş 3
A1	FRA-VIE-BKK	LH	OS	-
A2	FRA-VIE-BKK	LH	TG	-
A3	FRA-LHR-BKK	BA	TG	-
A4	FRA-IST-CAI-BKK	LH	MS	YY
A5	FRA-IST-DEL-BKK	TK	6E	YY

**Tablo 2.** Başlangıç (Karar) Matrisi

A#	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Max
A1	5617	101	1050	370	1	287\$	2
A2	5617	101	765	85	1	344\$	2
A3	6313	113	895	95	1	353\$	1
A4	6438	116	1390	530	2	500\$	2
A5	5794	104	1465	420	2	406\$	0

### 5.2. Adım 2: Başlangıç Matrisi'nin Normalize Edilmesi

İkinci adımda başlangıç matrisindeki verilerin Eşitlik (4)'te belirtilen şekilde normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Normalizasyon işleminin ilk aşamasında öncelikle tüm alternatiflerin tüm kriterlerdeki değerlerinin kareleri alınarak dip toplam oluşturularak, elde edilen her toplamın karekökü alınmıştır. Bu sonuçlar Tablo 3 ile gösterilmiştir.

Normalizasyon işleminin ikinci aşamasında ise, başlangıç matrisindeki her bir kriterin değeri, bulunan Karekök Değerine bölünerek nihai normalizasyon değerlerine ulaşılmıştır. Bu değerler Tablo 4 ile gösterilmiştir ve hesaplamalar için Eşitlik (4)'ten yararlanılmıştır.



**Tablo 3.** Başlangıç (Karar) Matrisi'nin Normalize Edilmesi (Birinci Aşama)

A#	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Max
A1	31550689	10201	1102500	136900	1	82448	4
A2	31550689	10201	585225	7225	1	118476	4
A3	39853969	12769	801025	9025	1	124687	1
A4	41447844	13456	1932100	280900	4	249801	4
A5	33570436	10816	2146225	176400	4	164495	0
<b>Kareler Top.</b>	177973627	57443	6567075	610450	11	739907	13
<b>Karekök Değ.</b>	13340.68	239.67	2562.63	781.31	3.32	860.18	3.61

**Tablo 4.** Başlangıç (Karar) Matrisi'nin Normalize Edilmesi (İkinci Aşama)

A#	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Max
A1	0.421	0.421	0.410	0.474	0.302	0.334	0.555
A2	0.421	0.421	0.299	0.109	0.302	0.400	0.555
A3	0.473	0.471	0.349	0.122	0.302	0.411	0.277
A4	0.483	0.484	0.542	0.678	0.603	0.581	0.555
A5	0.434	0.434	0.572	0.538	0.603	0.472	0.000

### 5.3. Adım 3: MOORA Oran Yaklaşım Yöntemi'nin Uygulanması

Oran yaklaşım yöntemi uygulanırken, Eşitlik (5)'te de belirtildiği gibi normalize edilmiş olan değerlerden maksimizasyon yönlü olanların toplamı, minimizasyon yönlü olanların toplamından çıkartılmış ve elde edilen sonuçlar kendi aralarında sıralanarak sonuca ulaşılmıştır.

**Tablo 5.** MOORA Oran Yaklaşım Yöntemi Sonuçları

A#	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	y <sub>i</sub>	Sıra
	Min	Min	Min	Min	Min	Min	Max		
A1	0.421	0.421	0.410	0.474	0.302	0.334	0.555	-1.806	2
A2	0.421	0.421	0.299	0.109	0.302	0.400	0.555	-1.397	1
A3	0.473	0.471	0.349	0.122	0.302	0.411	0.277	-1.850	3
A4	0.483	0.484	0.542	0.678	0.603	0.581	0.555	-2.817	4
A5	0.434	0.434	0.572	0.538	0.603	0.472	0.000	-3.052	5

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ilk sırada 2., ikinci sırada 1. ve üçüncü sırada ise 3. alternatifin olduğu görülmüştür. İlgili alternatiflere Tablo 1 ve 2'den bakıldığında, bu alternatiflerin diğerlerine göre daha iyi sonuç verdiği görülebilmektedir. Her biri tek transferli, yoldan sapma değerleri düşük ve İttifak taşıyıcısı olarak da yüksek değerlere sahiptir ve bu özellikle alternatiflerine göre önde olmalarını sağlamıştır.

### 5.4. MOORA Referans Noktası Yaklaşım Yöntemi'nin Uygulanması

Referans noktası yaklaşımında, oran yaklaşım yöntemine göre her kriter için referans noktalar belirlenmektedir. Referans noktaların belirlenmesi aşamasında her bir kriterin yönüne bakılarak değerler alınmaktadır. Örneğin, kriter minimizasyon yönüyle kriter sütunundaki en düşük değer; maksimizasyon yönlü ise en yüksek değer alınarak r<sub>i</sub> değerleri elde edilir ve bu değerler Eşitlik (6) belirtildiği gibi normalize değerlerden çıkartılır ve Eşitlik (7)'de gösterilen "Tchebycheff Min-Maks Metriği" uygulanır.

**Tablo 6.** Referans Noktası Değerleri

w <sub>i</sub> r <sub>i</sub>	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
		0.421	0.421	0.299	0.109	0.302	0.334

Referans noktası yöntemi incelendiğinde, ilk üç sıranın oran yaklaşım yöntemi ile benzeştiği, ilk sıranın ise aynı görülmüştür.

**Tablo 7.** Referans Noktası Yöntemi Sonuçları

A#	C1 Min	C2 Min	C3 Min	C4 Min	C5 Min	C6 Min	C7 Max	Maks (Yi)	Sıra
A1	0.000	0.000	0.111	0.365	0.000	0.000	0.000	0.365	3
A2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.066	0.000	0.066	1
A3	0.052	0.050	0.051	0.013	0.000	0.077	0.277	0.277	2
A4	0.062	0.063	0.244	0.570	0.302	0.247	0.000	0.570	5
A5	0.013	0.013	0.273	0.429	0.302	0.138	0.555	0.555	4

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Havacılık sektöründe yaşanan operasyonel aksaklıkların havayolları üzerinde çok yüksek bir gider maliyeti bulunabilmektedir. Bu gider maliyet kalemlerinden birtanesi de, yolcuların bu aksaklıklarda yaşadıkları sorunları gidermek için farklı havayollarına aktarılması ve bu aktarmadan doğan maliyetlerdir. Literatürde herhangi bir otomasyon süreci olmayan bu geniş çaplı karar verme aksiyonunun bir örneği MOORA oran ve referans nokta yöntemleri ile incelenmiş ve sonucunda her iki yöntemin de birbirine yakın sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir.

Hem oran yaklaşım hem de referans noktası yönteminde ilk sırada ikinci alternatif bulunmaktadır. Bu alternatif incelendiğinde, seyahatin hem havayolu hem de yolcu açısından pozitif nitelik taşıdığı gözlemlenmiştir. Bir yolcu seyahatinde daima en hızlı şekilde bitirmeyi hedeflediği için, Toplam Uzaklık, Toplam Bekleme Süresi ve Aktarma Sayısı gibi kriterler minimize edilmiş ve MOORA sonucunda seçilen alternatifte de bu kriterlerin göz önüne alındığı görülmüştür. Ayrıca her ne kadar seçilen alternatiften daha düşük maliyet yaratan bir seyahat kombinasyonu olsa da, hem yolcu hem de işletme gözüyle seçilebilecek en iyi alternatif olan FRA-VIE-BKK seyahat kombinasyonu seçilmiş ve seçimin tek yönlü olmadığı da gösterilmiştir.

Havacılıkta varolan karar verme mekanizmasının çok büyük kombinasyon gruplarından oluştuğu bilinmektedir. Bu sebeple ileride yapılacak olan çalışmalarda büyük veri setleri ile çalışılması ve analizlerin farklı şekillerde gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Bu çalışmalar yapılırken; MULTIMOORA ve diğer ÇKKV Yöntemleri'nden ve Yöneylem Araştırması Yöntemleri'nden de yararlanılmasının daha optimal sonuçlar elde edilmesinde rol oynayacağı düşünülmektedir. Farklı analizlerin ve yöntemlerin uygulanarak karşılaştırılması sonucunda optimal değerlere ulaşılabilmesi sağlanırsa, havayollarının iç mekanizmalarında bu şekilde bir ürün geliştirmeleri halinde hem karar süreçlerini hızlandıracakları hem de otomasyon ile giderlerini azaltacakları öngörülmektedir.

**KAYNAKLAR**

- Amadeus IT Group SA. (2016). *Shaping the Future of Airline Disruption Management (IROPS)*. Erişim Adresi: <https://amadeus.com/documents/en/airlines/white-paper/shaping-the-future-of-airline-disruption-management.pdf>
- Baležentis, A., Baležentis, T., & Valkauskas, R. (2010). Evaluating Situation of Lithuania in the European Union: Structural Indicators and MULTIMOORA Method. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(4), 578–602. <https://doi.org/10.3846/tede.2010.36>
- Brauers, W. M. K. (2014). Location of a Seaport by MOORA Optimization. *International Conference on Advanced Logistics and Transport*, 275–280. <https://doi.org/DOI: 10.1109/ICAdLT.2014.6866324>
- Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2010). Project Management by MULTIMOORA as an Instrument for Transition Economies. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(1), 5–24. <https://doi.org/10.3846/tede.2010.01>
- Brauers, W. M. K., & Zavadskas, E. K. (2012). Robustness of MULTIMOORA: A Method for Multi-Objective Optimization. *Informatica*, 23(1), 1–25.
- Council of the European Union. (2004, February 11). *EC/EEA No: 261/2004*. Erişim Adresi: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004R0261:en:HTML>
- Gadakh, V. S. (2011). Application of MOORA Method for Parametric Optimization of Milling Process. *International Journal of Applied Engineering Research*, 1(4), 743–758.
- Gadakh, V. S., Shinde, V. B., & Khemnar, N. S. (2013). Optimization of Welding Process Parameters Using MOORA Method. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 69(9–12), 2031–2039. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5188-2>
- İç, Y. T. (2019). A Multi-Objective Credit Evaluation Model Using MOORA Method and Goal Programming. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(3), 2035–2048. <https://doi.org/10.1007/s13369-019-03930-7>
- International Air Transport Association - IATA. (2019). *Passenger Services Conference Resolutions Manual* (39th Edition).
- Karaca, T. (2011). *Proje Yönetiminde Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri Kullanarak Kritik Yolun Bulunması (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi)*.
- Mandal, U. K., & Sarkar, B. (2012). Selection of Best Intelligent Manufacturing System (IMS) Under Fuzzy Moora Conflicting MCDM Environment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(9), 301–310. [www.ijetae.com](http://www.ijetae.com)
- Metin, S., Yaman, S., & Korkmaz, T. (2017). Finansal Performansın TOPSIS ve MOORA Yöntemleri İle Belirlenmesi: BİST Enerji Firmaları Üzerine Karşılaştırmalı Bir Uygulama. *KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 371–394. [www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr)
- Özçelik, G., Aydoğan, E. K., & Gencer, C. (2014). A Hybrid MOORA-Fuzzy Algorithm For Special Education and Rehabilitation Center Selection. *Journal of Military and Information Science*, 2(3), 53–62.
- Rupp, N. G., & Holmes, G. M. (2006). An Investigation Into the Determinants of Flight Cancellations. *Economica*, 73(292), 749–783. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0335.2006.00509.x>
- Yıldırım, B. F., & Önay, O. (2013). Bulut Teknolojisi Firmalarının Bulanık AHP-MOORA Yöntemi Kullanılarak Sıralanması. *İ. Ü. İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 24(75), 60–81. [http://www.cloudturk.net/cloud\\_nedir.html](http://www.cloudturk.net/cloud_nedir.html)
- Yüksel, S., Dinçer, H., & Emir, Ş. (2017). Comparing the Performance of Turkish Deposit Banks by Using DEMATEL, Grey Relational Analysis (GRA) and MOORA Approaches. *World Journal of Applied Economics*, 3(2), 26–47. <https://doi.org/10.22440/wjae.3.2.2>