J. Aviat. Space Stud., 6 (2), 186-207, 2026

Journal of Aviation and Space Studies
Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi

E-ISSN: 2757-7317 & URL: https://dergipark.org.tr/pub/jass

Araştırma Makalesi

Havacılık lojistiğinde kargo uçağı seçim kriterlerinin nedensel ve ilişkisel analizi

Tahsin Altınkurt[1], Fahriye Merdivenci[2] ve Ramazan Erturgut[3]

Öz. Havacılık lojistiği, zamana duyarlı gönderilerin kaynaktan müşteriye emniyetli, güvenilir ve maliyet etkin şekilde akışını sağlayan yeni nesil entegre bir lojistik yaklaşımıdır. Bu yapının sürdürülebilirliği, havacılık sektöründeki tedarik zinciri aktörlerinin yüksek operasyonel maliyetleri etkin biçimde yönetebilmesine bağlıdır. Bu kapsamda tarifesiz hava yolu işletmeleri, kargo talebini karşılayabilmek amacıyla iş modeli ve konumlanma stratejilerini tedarik zinciri stratejileriyle uyumlu hale getirmeye çalışmaktadır. Ancak literatürde, havacılık lojistiği bağlamında iş modeli, konumlanma stratejisi ve tedarik zinciri stratejileri arasındaki uyumu uçak seçim kriterleri temelinde inceleyen bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu çalışma, charter hava yolu operatörlerinin uçak seçim kriterlerini ve bu kriterler arasındaki nedensel ilişkileri incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmada kriterler arasındaki etkileşimler DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemiyle analiz edilmiştir. Bulgular, kargo uçağının kapısının burun yükleme konfigürasyonuna sahip olmasının diğer seçim kriterleri üzerinde en güçlü etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte charter hava lojistiği operatörünün işletme içi filo yapısı, küresel filo durumu ve uçakların aynı tipte işletilmesi kriterlerinin yoğun karşılıklı etkileşim oluşturduğu belirlenmiştir. Bu bulgular doğrultusunda çalışma, charter hava lojistiği operatörlerinin kargo uçağı seçiminde dikkate aldığı temel kriterleri ve bu kriterler arasındaki ilişkilerin yönünü ortaya koyarak uçak seçimi ile iş modeli, konumlanma ve tedarik zinciri stratejileri arasındaki stratejik uyumun değerlendirilmesi açısından lojistik ve tedarik zinciri yönetimi literatürüne katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Havacılık lojistiği, kargo uçağı, seçim kriterleri, DEMATEL.

Research Paper

Causal and relational analysis of cargo aircraft selection criteria in aviation logistics

Abstract. Aviation logistics is a new-generation integrated logistics approach that enables the safe, reliable, and cost-efficient flow of time-sensitive shipments from the point of origin to the customer. The sustainability of this structure depends on the ability of supply chain actors in the aviation sector to effectively manage high operational costs. In this context, charter airline operators seek to align their business model and positioning strategies with supply chain strategies in order to meet cargo demand. However, there is no study in the literature that examines the alignment between business model, positioning strategy, and supply chain strategies in the context of aviation logistics based on aircraft selection criteria. This study aims to investigate the aircraft selection criteria of charter airline operators and the causal relationships among these criteria. The interactions among the criteria are analyzed using the DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) method. The findings indicate that the nose-loading configuration of the cargo door has the strongest influence on other selection criteria. In addition, the internal fleet structure, global fleet availability, and operating aircraft in a single-type fleet are identified as criteria with strong and reciprocal interactions. Based on these findings, the study contributes to the logistics and supply chain management literature by identifying the key criteria considered in cargo aircraft selection by charter airline operators and by revealing the direction of relationships among these criteria, thereby addressing the strategic alignment between aircraft selection, business model, positioning, and supply chain strategies.

Keywords: Aviation logistics, cargo aircraft selection criteria, DEMATEL.

1 Ulaştırma Hizmetleri Bölümü (Sivil Hava Ulaştırma İşletmeciliği), Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, 07425, Alanya, Antalya, Türkiye; tahsin.altinkurt@alanya.edu.tr (Sorumlu Yazar)
2 Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Akdeniz Üniversitesi, 07058, Antalya, Türkiye; fahriye@akdeniz.edu.tr
3 Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Akdeniz Üniversitesi, 07058, Antalya, Türkiye; rerturgut@akdeniz.edu.tr
https://doi.org/10.52995/jass.1897619
Geliş Tarihi: 26 Şubat 2026; Kabul Tarihi: 19 Temmuz 2026; Yayımlanma Tarihi: 31 Ağustos 2026
© 2026 Yazar(lar). Türk Hava Kurumu Üniversitesi tarafından yayımlanmıştır.
Bu makale Creative Commons Atıf-GayriTicari-AynıLisanslaPaylaş 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.

1. GİRİŞ

Son çeyrek yüzyılda havacılık lojistiğinde malzeme akışının yönetiminde kayda değer bir dönüşüm yaşanmıştır. Bu dönüşüm yalnızca hava taşımacılığına dayalı geleneksel yaklaşımların ötesine geçerek hava, kara, deniz ve demiryolu taşımacılığı türlerini de içeren entegre bir lojistik yapıya evrilmesiyle gerçekleşmiştir. Özellikle bu dönemde havacılık lojistiğinde taşımacılık modları arasında koordinasyonu esas alan tedarik zinciri boyunca etkinlik ve esneklik sağlamayı amaçlayan bütünleşik ve müşteri odaklı bir anlayış gelişim göstermiştir. Pazarda mevcut olan havacılık lojistik işletmeleri; tedarik zinciri boyunca paydaşlarına tedarik, taşımacılık, ihracat, ithalat ve dağıtım gibi entegre hizmetlerin yanı sıra gümrük işlemleri, depolama, elleçleme, bilgi paylaşımı ve nihai dağıtımı da kapsayan bütüncül bir hizmet yapısını sunarak geleneksel hava kargo faaliyetlerinden ayrılmaya başlamıştır (Zhao, 2012, s. 615; Wang, 2015, s. 202).

Dünya genelinde havacılık lojistiğiyle taşınan malların güvenliği ve boyutları konusunda bazı sınırlamalar bulunsa da genel itibariyle petrol kuyusu sondaj makineleri, demiryolu lokomotifleri, büyük canlı hayvanlar, yarış arabaları, lokomotifler, moda koleksiyonları, külçe altınlar, elmaslar, kişisel eşyalar, hayat kurtarıcı ilaçlar, aşılar, insan vücudu parçaları, bozulabilir gıda ürünleri, uçak motorları, helikopterler, yedek parçalar, İHA ve kritik havacılık ekipmanları malzemenin akışında havacılık lojistiği ön plana çıkmıştır (IATA, 2018, s. 12; Sales, 2016, s. 118–125; Turkish Cargo, 2026). Bu ve benzeri yüklerin (navlun) akışını yönetmek üzere faaliyet gösteren tarifesiz havacılık lojistiği hizmet sağlayıcıları; iş süreçlerini etkin, etkili, verimli ve kesintisiz bir biçimde yürütebilmek amacıyla yüksek yatırım ve işletme maliyetlerine katlanarak karlılık ve başarı yaratabilmektedir (Prabowo & Zagloel, 2022, s. 453; Bağcı ve Kartal, 2024, s. 2).

Özellikle filo yatırımları, bakım giderleri, yakıt maliyetleri, slot tahsisleri ve operasyonel altyapı harcamaları bu maliyet kalemlerinin başlıcaları arasında yer aldığı için bu süreç hayli karmaşıktır (Dožić & Kalić, 2014, s. 165-166). Bu bağlamda malzeme akışına ilişkin maliyet unsurlarında ortaya çıkabilecek görece küçük oranlı değişimlerin dahi toplam maliyet yapısı üzerinde kayda değer etkiler yaratabileceği söylenebilir. Dolayısıyla maliyet bileşenlerinin etkin biçimde yönetilmesi ve optimizasyonu hem tasarruf sağlanması hem de operasyonel verimliliğin artırılması açısından stratejik bir önem taşımaktadır. Bu nedenle tarifesiz havacılık lojistiği servis sağlayıcıları; filo planlaması ve uçak seçimi süreçlerinde operasyonel, taktik ve stratejik düzeyde verilecek yatırım kararlarını hem nicel hem de nitel kriterleri dikkate alarak farklı bakış açılarını değerlendirip karşıt görüşleri göz önünde bulundurarak almak durumundadır. Bu yaklaşım maliyet artışlarını sınırlandırmak ve verimliliği artırmak açısından kritik bir önem taşımakla birlikte ilgili havacılık lojistiği servis sağlayıcıya esneklik sağlayarak rekabet avantajı da sağlamaktadır. Bu nedenle havacılık tedarik zincirinin merkezinde yer alan tarifesiz hava yolu operatörlerinin yatırım kararlarını verirken çok kriterli karar verme tekniklerinden yararlanmaları havacılık lojistiğindeki servis sağlayıcılara yol gösterme ve karar alma süreçlerinde önemli bir avantaj sağlamaktadır (Prabowo & Zagloel, 2022, s. Kiracı & Akan, 2020, s. 1; Wensveen, 2015, s. 418-441; Dožić & Kalić, 2014, s. 166).

Literatürde kargo uçağı seçiminde farklı ülkeler ve coğrafyalarda teknik, ekonomik, operasyonel ve sürdürülebilir kriterler dikkate alınarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Maywald vd. (2019), uçak seçiminde finansal ve operasyonel maliyetleri temel kriter olarak kullanmıştır. Kiracı & Akan (2020), teknik performans (menzil, yolcu kapasitesi, seyir hızı, kalkış mesafesi), ekonomik performans (işletme maliyeti, yakıt tüketimi) ve çevresel etki (CO_2 emisyonu, gürültü seviyesi) kriterleriyle değerlendirmiştir. Prabowo & Zagloel (2022) çalışmalarında uçak seçimi problemini üç ana kriter altında ele almış; teknik özellikler, finansal göstergeler ve katma değer göstergeleri çerçevesinde toplam on alt kriter olan maksimum kalkış ağırlığı, yük kapasitesi, menzil, yakıt tüketimi, kalkış mesafesi, iniş mesafesi, satın alma maliyeti, bakım maliyeti, filo sayısı ve filo ortaklığı bağlamında belirlenen kriterlerle değerlendirmişlerdir. Ardil (2020) teknik, ekonomik ve operasyonel kriterleri kullanmıştır. Diğer taraftan Ardil (2021), taşıma kapasitesi (payload), uçuş menzili (range), işletme maliyeti/yakıt verimliliği ve satın alma maliyeti/ekonomik performans kriterlerini de ele alarak değerlendirme yapmıştır. Tanrıverdi vd. (2022) ise FTK maliyeti (Freight Ton Kilometer), uçak fiyatı, hız, yük kapasitesi, yakıt tüketimi, maksimum kalkış ağırlığı (MTOW), filo yapısına uygunluk, bakım maliyetleri, yükleme kapasitesi ve şirketin finansal gücü gibi ekonomik ve operasyonel kriterleri dikkate alarak freighter tipi seçiminde analizler yapmıştır. Bu çalışmalar kargo uçakları seçiminde maliyet, performans, çevresel etkiler ve operasyonel uyumluluk gibi çok boyutlu kriterlerin önemini ortaya koymaktadır.

Ayrıca kargo uçağı seçiminde çeşitli çok kriterli karar verme ve matematiksel modelleme yöntemleri kullanılmaktadır. Maywald vd. (2019) ABD Hava Kuvvetleri için stratejik kargo hareketlerini optimize etmek amacıyla çok aşamalı keşifsel matematiksel modelleme uygulamıştır. Prabowo & Zagloel (2022) kargo amaçlı hava taşımacılığı

yapan kiralama işletmeleri için uçak seçimini desteklemek amacıyla karar verme sürecinde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri tercih edilmiş; bu bağlamda, bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (FAHP) ile İdeal Çözüme Benzerlik Yöntemi (TOPSIS) birleştirilmiştir. FAHP, karar verme sürecinde ortaya çıkan belirsizlikleri yönetebilme yeteneği nedeniyle kullanılırken, TOPSIS ise fayda kriterlerini maksimize ederken maliyet kriterlerini minimize eden çözümü sunması açısından tercih edilmiştir. Kiracı & Akan (2020) belirsizlik altında ticari uçak seçimi için hibrit bir model geliştirmiş, Interval Type-2 Fuzzy Analytic Hierarchy Process (IT2FAHP) ile kriter ağırlıklarını belirlemiş ve alternatifleri IT2FTOPSIS yöntemiyle sıralamıştır. Ardil (2020) PARIS (Preference Analysis for Reference Ideal Solution) yöntemini önermiş, ortalama ağırlık, entropi ağırlığı, PARIS ve TOPSIS yöntemlerini entegre ederek teknik, ekonomik ve operasyonel kriterler üzerinden uçak alternatiflerini değerlendirmiştir. Ardil (2021) entropik programlama tabanlı MCDMA yaklaşımı ile üç alternatif uçak modelini dört performans kriteri üzerinden analiz etmiş ve kriter ağırlıklarını ortalama ağırlık ve standart sapma yöntemleri ile belirlemiştir. Tanrıverdi vd. (2022) AHP yöntemi ile kriter ağırlıklarını belirlemiş ve uçak alternatiflerini TOPSIS, VIKOR ve Borda Count yöntemleriyle değerlendirmiştir. Bu çalışmalar, kargo uçakları seçiminde hem klasik matematiksel modelleme hem de belirsizlik temelli çok kriterli karar verme yöntemlerinin etkin bir şekilde kullanıldığını göstermektedir.

Diğer taraftan literatürde yolcu uçağı seçimine yönelik çalışmalar yoğunlukta olmakla birlikte hava kargo uçağı seçiminde dikkate alınması gereken kriterlere ilişkin bilgi birikiminin henüz yeterince gelişmediği de görülmektedir. Kargo uçağı seçim kriterlerinin yanı sıra yolcu uçaklarında ele alınan kriterlerde yolcu ve yük taşımacılığının birlikte yapıldığı uçaklar bağlamında kritik önem taşımaktadır. See vd. (2004) uçak seçiminde uçağın hızı, uzunluğu ve yolcu kapasitesini değerlendirmiştir. Özdemir vd. (2011) Türk Hava Yolları filosuna üç farklı uçak tipi arasından seçim yaparken ekonomik kriterler (satın alma maliyeti, işletme maliyeti, yedek parça maliyeti, bakım maliyeti, hurda maliyeti, teslim süresi ve faydalı ömür) ile fiziksel ve operasyonel kriterleri (uçak ebatları, güvenilirlik, emniyet ve hizmet kalitesi) dikkate almıştır. Gomes vd. (2014) tarifesiz seferler gerçekleştiren bir hava yolu işletmesi için, satın alma maliyeti, likidite, işletme maliyeti, esneklik, seyir hızı, yedek parça bulunabilirliği, iniş ve kalkış mesafesi, konfor, aviyonik kullanılabilirlik ve güvenlik olmak üzere 11 kriter üzerinden değerlendirme yapmıştır. Dožić & Kalic (2014) ise koltuk kapasitesi, uçak fiyatı, uçağın taşıyabileceği bagaj ağırlığı, maksimum kalkış ağırlığı, ödeme koşulları ve mevcut koltuk milleri başına toplam maliyet gibi kriterleri ele almıştır. Bruno vd. (2015), ekonomik performans, teknik performans, uçağın fiziki kalitesi ve çevresel etkiler gibi kriterler üzerinden uçak seçimi yapmıştır. Dožić & Kalic (2016) benzer şekilde koltuk kapasitesi, uçak fiyatı, bagaj kapasitesi, maksimum kalkış ağırlığı, ödeme koşulları ve koltuk milleri başına toplam maliyet kriterlerini kullanmışlardır. Dožić vd. (2018) uçağın özellikleri (koltuk kapasitesi, maksimum kalkış ağırlığı ve menzil) ile maliyetle ilgili özellikleri (satın alma maliyeti, bakım maliyeti ve mevcut koltuk milleri başına toplam maliyet) dikkate almıştır. Kiracı & Bakır (2018) uçağın menzili, hızı, yolcu kapasitesi, fiyatı ve yakıt tüketimi kriterlerini değerlendirmiştir. Maywald vd. (2019) yakıt ve operasyon maliyetini temel kriter olarak kullanmışken, Semercioğlu & Özkoç (2019) koltuk kapasitesi, maksimum uçuş mesafesi, maksimum kalkış ağırlığı, satın alma maliyeti, bakım maliyeti, koltuk-kilometre maliyeti, teslim süresi, ödeme koşulları, filo yapısındaki çeşitlilik ve yolcu beklentileri gibi kapsamlı kriterler üzerinden uçak seçim sürecini incelemişlerdir.

Yolcu uçaklarının seçimi üzerine yapılan çalışmalarda genellikle ÇKKV yöntemleri kullanılmaktadır. See vd. (2004), uçak seçiminde çok nitelikli karar verme yaklaşımını kullanmıştır. Özdemir vd. (2011), Analitik Ağ Süreci (ANP) yöntemiyle filosuna en uygun uçak tipini belirlemiştir. Gomes vd. (2014), belirsizlik ve tutarsızlık durumlarında NAIADE (Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments) yöntemini uygulamıştır. Dožić & Kalic (2014) Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemini kullanırken, Bruno vd. (2015) AHP ve Ağırlıklandırılmış Bulanık Küme Teorisi yöntemlerini birleştirerek hibrit bir model geliştirmiştir. Dožić & Kalic (2016) üç yöntem (AHP, ANP ve Eşit Değişim Yöntemi) kullanarak uçak seçiminde duyarlılık analizi yapmışlardır. Dožić vd. (2018), Bulanık AHP ve Logaritmik Bulanık Tercih Programlama yöntemlerini uygulamış, Kiracı & Bakır (2018) TOPSIS yöntemini kullanmıştır. Maywald vd. (2019), matematiksel modelleme yaklaşımıyla uçak seçimi problemini çözmüşlerdir. Semercioğlu ve Özkoç (2019) ise AHP ve Alt Küme Seçim Tekniği (Subset Selection Technique, SST) yöntemlerini kullanarak filo planlamasını gerçekleştirmiştir.

Literatürde havacılık lojistiğinde malzeme akışının etkin yönetimi bağlamında uçak seçim kriterleri ele alınmakla birlikte bu kriterler arasındaki ilişkilerin yönü ve şiddetini sistematik biçimde inceleyen çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Çünkü alan yazınında yapılan çalışmalarda genellikle kriterlerin belirlenmesi ve ağırlıklarının hesaplanarak uçak seçimine yönelinmesi yaklaşımı hakimdir. Bu nedenle bu çalışmanın birincil amacı havacılık lojistiği bağlamında faaliyet gösteren tarifesiz hava yolu işletmelerinin uçak seçim kriterlerinin arasındaki nedensel ve karşılıklı

ilişkilerin incelenmesidir. Diğer taraftan havacılık lojistiği hizmet sağlayıcılarının filolarına dâhil edecekleri hava kargo uçaklarına yönelik seçim kriterlerinin önem seviyesinin belirlenmesi de bu araştırmanın ikincil amacıdır.

Bu doğrultuda literatür taraması ve uzman görüşleri temel alınarak belirlenen 15 kriter üzerinden hava kargo uçağı seçim kriterleri sistematik bir çerçevede ortaya konularak literatüre kazandırılmıştır. Bunlar; uçağın yaşı, fiyatı, yakıt tüketimi, menzili, maksimum kalkış ağırlığı, hızı, kargo kapısının uçağın burunda olması, kargo kapısının uçağın kuyruğunda olması, dünyadaki filo durumu, servisteki uçak sayısı, serviste kalacağı yıl, hacim kapasitesi, ağırlık kapasitesi, operasyon ve bakım maliyeti, dönüşüm olup olmadığı kriterlerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada kriterler arasındaki nedensel ve karşılıklı ilişkilerin varlığı DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. DEMATEL yaklaşımını diğer ÇKKV yöntemlerinden ayıran temel özellik, kriterler arasındaki ilişkilerin yönünü ve etki düzeyini ortaya koyabilmesidir. Bu nedenle yöntem, çalışmanın amacı doğrultusunda uygun bir değerlendirme aracı olarak tercih edilmiştir. Bununla birlikte, uzmanlardan elde edilen verilerin yalnızca DEMATEL yöntemi çerçevesinde analiz edilmesi ve sonuçların farklı yöntemlerle desteklenen bir duyarlılık analizine tabi tutulamaması çalışmanın önemli kısıtlarından birini oluşturmaktadır. Ancak DEMATEL yönteminde kriterlerin önem düzeyleri ile karşılıklı ilişki değerlerinin tutarlı olması çalışmanın güvenilirliğini doğrulamaktadır. Öte yandan, Türkiye'de tarifesiz hava kargo taşımacılığı alanında faaliyet gösteren ve tamamı özel teşebbüs niteliğinde olan yalnızca bir hava yolu işletmesinin bulunması nedeniyle uçak seçimi ve filo genişletme süreçlerinde görev alan toplam üç uzmandan veri toplanabilmiştir. Bu durum ise çalışmanın bir diğer kısıtı olarak değerlendirilmektedir.

Makalenin ilk bölümünde lojistik ve havacılık lojistiği kavramlarına yer verilmiştir. İkinci bölümde uçak seçiminde kullanılabilecek kriterlerin belirlenebilmesi için kargo uçaklarının seçim literatürü aktarılmıştır. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntem ve kriterlerin açıklanmasına yer verilmiştir. Son bölümde ise havacılık lojistiği servis sağlayıcılarının uçak seçiminde ele alabilecekleri kriterlerin analizi, DEMATEL yöntemiyle sunulmuştur.

2. ALANA İLİŞKİN YAKLAŞIMLAR VE LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Lojistik ve Havacılık Lojistiği

Lojistik; bağımsız işletme içinde, işletmeler arasında veya aynı ya da farklı tedarik zincirleri arasında malzemenin kaynak noktasından son kullanıcıya kadar ileri ve geri yönlü sistematik akışını sağlayan faaliyetler bütünüdür (Nebol vd., 2015, s. 10; Erturgut, 2016, s. 3). Bu faaliyetler; talep tahmini ve üretim planlama, tedarik, stok, envanter yönetimi ve depolama, depo yönetimi, gümrük hizmetleri, sigorta süreçlerinin takibi, paketleme, malzeme elleçleme, taşıma ve nakliye süreçlerinin yönetimi, sipariş işleme ve sevkiyat planlaması, müşteri hizmetleri, tersine lojistik, bilgi akışı ve iletişim yönetimi, parça ve servis desteği ile tesis ve depo yer seçimi gibi birbirini tamamlayan süreçlerden oluşmaktadır (Şen, 2014, s. 85; Erturgut, 2016, s. 11).

Günümüzde lojistik, yalnızca operasyonel ve taktik kararlar ile faaliyetlerden ibaret değildir; aynı zamanda sektörde ve ekonomi içinde stratejik düzeyde konumlanmayı gerektiren dinamik bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Günlük lojistik faaliyetler her ne kadar da operasyonel kararlar doğrultusunda yürütülse de söz konusu faaliyetlerin orta ve uzun vadede etkin ve verimli bir biçimde sağlanabilmesi için taktik ve stratejik düzeyde de kararların alınması zorunludur. Bu bağlamı yerine getirerek hizmet sunan lojistik işletmeleri; üretim artışı, maliyetlerin düşürülmesi, kalite düzeyinin yükseltilmesi, müşteri memnuniyetinin artırılması, rekabet avantajının elde edilmesi ve pazar payının genişletilmesi gibi önemli kazanımlar sağlayabilmektedir (Nebol vd., 2015, s. 10; Erturgut, 2016, s. 3). Ayrıca lojistik, küresel ölçekte ekonomide ve çevrede ortaya çıkan kriz, türbülans ve dalgalanmalara karşı dayanıklılık göstererek malzeme akışının aksatılmadan paydaşlarına ulaştırılmasından sorumludur. Normal dönemlerde lojistik, planlı ve öngörülebilir malzeme akışının etkili ve verimli bir şekilde yönetilmesine odaklanırken çevresel türbülansın ve dalgalanmaların arttığı dönemlerde havacılık lojistiği, rota optimizasyonu sayesinde malzeme akışını hava taşımacılığı kapasitesi ve diğer havacılık lojistiği faaliyetleriyle entegre ederek paydaşlarına güvenilirlik de sağlayarak hizmet sunmaktadır (Sun vd. 2020).

Isaienko vd. (2024) havacılık lojistiğinin ekonomik entegrasyon süreçlerinin hızlanması, organizasyonlarının karmaşıklaşması ve şirketler arası yeni iş birliği biçimlerinin ortaya çıkmasıyla şekillendiğini ve bu ekosistemin havacılık, lojistik, taşımacılık ve posta kuruluşlarının birbirine bağlı teknolojiler aracılığıyla ekspres teslimat tedarik zincirlerini yönettiği bütünleşik bir yapı olduğunu ifade etmektedir.

Havacılık lojistiği, odağında hava yolu taşımacılığını esas alan ve modern bilgi teknolojilerinden yararlanan özellikle tedarik zincirlerinde arz ve talebin temel unsurlarını birbirine bağlayan hammaddeden nihai ürüne kadar uzanan sürecin etkin ve kesintisiz akışını uçtan uca yönetmeyi amaçlayan bütünsel bir yapıdır. Havacılık lojistiği, entegre yapıda ve yüksek katma değerli bir hizmet alanı olup bu niteliği nedeniyle literatürde lojistik hizmetlerin "lüksü" olarak da ifade edilmektedir (Sun vd., 2020, s. 29; Wang & Liu, 2014, s. 1742). Havacılık lojistiği, küresel tedarik zincirlerinin kritik noktalarını birbirine bağlayarak paydaşlarına güvenli, güvenilir, erişilebilir ve son derece verimli hizmetler sunmasıyla birlikte yüksek düzeyde entegre ve kapsamlı hızlı teslimat imkânı sağlaması bakımından stratejik açıdan son derece önemli bir role sahiptir (Hryhorak & Šimák, 2020, s. 59).

Özellikle ABD, havacılık lojistiğini askeri bağlamda ulusal çıkarlar açısından hayati bir unsur olarak değerlendirmiştir. Bu alanı orduda stratejik, taktik ve operasyonel olmak üzere üç temel düzeyde yapılandırarak her bir aşamanın birbiriyle bağlantılı ve bütüncül şekilde işlemesine yönelik kurumsal temelleri oluşturmuştur. Bu planlama doğrultusunda askeri havacılık lojistiği süreçleri yalnızca hava unsurlarıyla sınırlı tutulmamış ayrıca malzeme akışı çerçevesinde ulaştırmaya dayalı diğer sektörlerle entegre edilerek kapsamlı bir lojistik sistem içerisinde bütünleştirilmiştir (Corps, 2002, s. 1001-1017).

Son dönemlerde ise havacılık lojistiği alanında yapılan çalışmaların özellikle Asya bölgesinde yoğunlaştığını ifade edebiliriz. Havacılık lojistiği literatüründe farklı araştırmacılar sektörün farklı boyutlarına odaklanmıştır. Sun (2024) hava lojistiğinde bölgesel kümelenme dinamiklerine ve özellikle Beijing, Shanghai ve Shenzhen'in stratejik konumuna odaklanırken Xiao vd. (2019) Jiangsu-Zhejiang-Şanghay bölgesindeki ağ yapısını sosyal ağ analizi yöntemiyle inceleyerek merkez-çevre ilişkilerini analiz etmiştir. Benzer şekilde Liang & Chen (2025) havacılık lojistiği ile bölgesel ekonomik kalkınma arasındaki ilişkiyi Sistem Dinamiği modeliyle değerlendirirken Lyu vd. (2019) sektörün karbon salımları üzerindeki etkisini çok değişkenli regresyon analiziyle ortaya koymuştur. Operasyonel verimlilik bağlamında Sun vd. (2020) kapasite yönetimi ve rota planlamasına odaklanırken Han (2023) A+ algoritması temelli rota optimizasyon modelini geliştirmiştir. Chen (2024) lojistik parklarının mekânsal planlamasında adaptif genetik algoritma kullanırken, Kenzhevayeva vd. (2021) envanter kontrol modelleri aracılığıyla stratejik performans boyutunu ele almıştır. Dijitalleşme ve teknolojik dönüşüm perspektifinden Yang (2021) nesnelerin interneti tabanlı akıllı hava kargo yönetim sistemine odaklanırken Morgan & Grabowski (2025) yapay zekâ ve otonom sistemlerin insan-makine ekip çalışması üzerindeki etkilerini incelemiştir. Benzer biçimde Kütahya (2026) dijital dönüşümün insani havacılık lojistiğindeki rolünü ele alırken Aghazadeh (2025) makine öğrenmesi uygulamalarının sürdürülebilirlik ve çevresel performans üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Sürdürülebilirlik perspektifinde Wu & Yang (2021) doğal kaynak temelli görüş çerçevesinde çevresel Ar-Ge, yakıt verimliliği ve dönüşüm süreçlerine odaklanırken Wang (2025) küresel ticaret gerilimleri ve tarifelerin havacılık lojistiği üzerindeki risk etkilerini Bayes Ağları modeliyle analiz etmiştir. Hizmet kalitesi boyutunda ise Rahman vd. (2017) hava kargo sağlayıcılarını gönderici perspektifinden değerlendirerek sektörün müşteri odaklı performans unsurlarını ortaya koymuştur. Isaienko vd. (2024) ise tedarik zinciri senkronizasyonu ve dijitalleşmeye dayalı matematiksel modelleme yaklaşımıyla operasyonel dayanıklılık ve sürdürülebilirliği bütüncül bir çerçevede ele almıştır.

Havacılık lojistiği çalışmalarında başlangıçta operasyonel verimlilik, hizmet kalitesi, havacılık lojistiği kümelenmeleri, envanter yönetimi ve park planlaması, kapasite yönetimi, rota optimizasyonu, mekânsal planlama ve hava kargo ağ yapılarının analizi gibi teknik konuları literatürde önemli bir yer tutmuştur. Son yıllarda ise araştırmaların odağı belirgin biçimde genişleyerek sürdürülebilirlik, karbon salımı, yakıt verimliliği ve çevresel Ar-Ge, tedarik zinciri entegrasyonu, dijital dönüşüm, nesnelerin interneti, yapay zekâ, makine öğrenmesi, otonom sistemler, insan-makine ekip çalışması, ticaret politikası riskleri, küresel belirsizlikler ve sistem dayanıklılığı gibi daha bütüncül ve stratejik konulara kaymıştır. Bu dönüşüm havacılık lojistiğinin yalnızca operasyonel bir faaliyet alanı olmaktan çıkıp bölgesel kalkınma, sürdürülebilirlik ve küresel rekabet gücü ile doğrudan ilişkili çok katmanlı bir ekosistem olarak ele alınmaya başlandığını göstermektedir.

Günümüzde havacılık lojistiği, organizasyonlar ve tedarik zinciri açısından karmaşık ve dinamik yapısı nedeniyle bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gereken stratejik bir konumlanma alanı hâline gelmiş ve bu yaklaşımın benimsenmesi, ekonomik sistemdeki aktörler açısından özellikle müşteri duyarlılığı bağlamında kritik bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Liu (2026) havacılık lojistiği tedarik zincirinin dayanıklılığını tedarik zincirindeki bozulmalar altında optimize ederek sürdürülebilirlik ve operasyonel verimliliği kritik düzeyde korumanın önemini ortaya koyarken; Jiao (2024) ise Çin'deki hava lojistiği gelişimini değerlendirerek altyapı kapasitesi, profesyonel hizmet yeterliliği ve sistem entegrasyonu eksikliklerini vurgulamış ve politika belgelerinin tedarik zinciri güvenliği ile "çifte

dolaşım" stratejisini destekleyen stratejik öncelikleri ortaya koyduğunu göstermiştir. Literatürdeki yeni yaklaşımlar olarak ortaya çıkan bu çalışmalar havacılık lojistiğinde operasyonel etkinliğin ötesinde sistem bütünlüğü, dayanıklılık ve ulusal stratejik hedeflerle uyumlu bir tedarik zinciri perspektifinin daha fazla ön plana çıkarmaktadır.

Havacılık tedarik zinciri; müşteri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla tedarikçiler, üreticiler, servis sağlayıcılar (lojistik firmaları, taşıma işleri organizatörlükleri, hava yolu işletmeleri, yer hizmetleri kuruluşları, havalimanı işletmeleri, gümrük hizmet sağlayıcıları vb.) ve müşterilerden oluşan entegre bir değer zinciridir. Havacılık tedarik zincirinin paydaşları, malzemelere yönelik havacılık lojistiği faaliyetlerini müşteri odaklı bir yaklaşımla sunarak yalnızca taşıma hizmeti sağlamakla kalmamakta aynı zamanda müşterilerin maliyetlerini azaltmaya yönelik entegre çözümler geliştirmektedir. Bu kapsamda malzeme veya trafiğin başlangıç noktasından teslim alınmasından itibaren tedarik ve operasyonel planlamanın yapılması, tasarım süreçlerinin yürütülmesi, uygun taşıma aracına yüklenmesi ve taşınması, ihracat, ithalat, pasaport ve gümrük işlemlerinin tamamlanması, hava taşımacılığı ile varış meydanına sevk edilmesi, dağıtım merkezlerine ulaştırılması, depolanması, elleçlenmesi ve yönlendirilmesi ile nihai varış noktasına teslim edilmesine kadar tüm süreç bütüncül bir anlayışla yönetilmektedir. Bu süreç boyunca fiziksel akış ile bilgi akışı eş zamanlı olarak koordine edilmekte; tedarik, depolama ve dağıtım gibi katma değerli hizmetler hava kargo operasyonlarından farklı ve daha kapsamlı bir perspektifle ele alınarak nihai müşteriye entegre çözümler sunulmaktadır (Salazar & Mikuriya, 2023: 4; Zhao, 2012, s. 615; Wang, 2015, s. 202; Wang & Liu, 2014, s. 1742).

Hava taşımacılığının malzeme-kargo temelli tedarik zinciri yaklaşımında kısa ulaştırma süresi, hızlı müşteri yanıt süresi, esneklik sağlama ve envanter maliyetlerini azaltma gibi çeşitli verimlilik avantajları mevcuttur. Bu yüzden çoğu yüksek teknoloji ve yüksek değer üreten sektörler, üretmiş oldukları mal ve hizmetleri belirlenen saatte müşteriye ulaştırılmasını garanti altına almak için güvenilir teslimat şartlarını hava taşımacılığı sistemiyle geliştirerek maliyet avantajı ve zaman kazanmaktadır. Hava taşımacılığı yolcu temelli yaklaşımıyla günümüz dünyasında hız, verimlilik, konfor, emniyet ve ekonomi gibi değerleri müşterilerine sağladığı için telefon ve bilgisayar kadar modern hayatımızın önemli bir parçası haline gelmiştir. Özellikle iş amaçlı seyahatlerde kişilerin veya işletmelerin zamanları harcadıkları paradan daha değerli olduğu için hava taşımacılığı ile ulaşım hizmetinden faydalanmaları onlara ekonomiklik, emniyet ve konfor bağlamında değer sağlamaktadır (Salazar & Mikuriya, 2023, s. 4; Wensveen, 2015, s. 37).

Havacılık sektörüyle gerçekleştirilen ticari faaliyetlerde ürünler en hızlı ve güvenilir bir şekilde stok maliyeti oluşturmadan küreselleşebilmektedir. Havacılık tedarik zinciri yönetimi, nihai ürün olan ulaştırma hizmetinin hem yolcuya hem de kargoya emniyetli, güvenli ve ekonomik bir şekilde sunulmasını sağlamak için malzemenin ve hizmetin başlangıç noktasından nihai müşteriye ulaştırılması aşamasına kadar geçen süreçte tedarik zinciri boyunca malzeme veya trafik akışı, finans akışı, bilgi paylaşımı ve tedarik zincirinin koordinasyonun sağlanmasından sorumludur. Havacılık sektöründe bu akışı ve koordinasyonu ilgili havacılık tedarik zinciri yönetiminin ya da odak işletmenin sağlaması beklenebilir. Bu bağlamda, özellikle kargo akışının etkin biçimde yönetilebilmesi açısından havacılık lojistiği işletmesinin filosuna dahil edilecek kargo uçaklarının seçim kriterleri hem operasyonel etkinlik ve verimlilik hem de stratejik başarı açısından hayati bir unsur teşkil etmektedir. Literatürde kargo uçağı seçim kriterlerine doğrudan odaklanan çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, sivil ve askerî amaçlarla filoya dâhil edilen kargo ve yolcu uçaklarının seçim kriterleri akademik literatürde çeşitli açılardan ele alınmıştır.

2.2. Uçak Seçim Literatürü

Wensveen'e göre hava yolu işletmelerinde yeni veya kullanılmış uçak satın alma kararı; filonun yaş yapısını, operasyonel kullanım özelliklerini, bakım-onarım faaliyetlerini ve sahip olma ile işletme maliyetlerini doğrudan etkileyen stratejik bir yönetim kararı niteliği taşımaktadır (Wensveen, 2015, s. 418). Bunun yanında Başol (2019), filoya uçak alım kararlarını şekillendiren temel unsurların; havayolu işletmesinin büyüme hedefleri, ülkenin üretim kapasitesi, kişi başına düşen gelirin dengeli dağılımı ve tüketicilerin satın alma gücü, küresel ekonomik üretimdeki artış ve ulusal ile uluslararası düzeyde enflasyonun istikrarlı bir seyir izlemesi olduğunu belirtmektedir. Söz konusu koşulların sağlanması durumunda ise teknik, ekonomik, finansal ve sürdürülebilirlik odaklı hava yolu operatörünün belirlediği kriterlerin de değerlendirme sürecine dâhil edilerek hava yolu işletmesine özgü en uygun uçağın tedarik edilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Bu doğrultuda, hava yolu operatörlerinin uçak seçiminde dikkate alacakları kriterlerin; dış çevre faktörleri ile işletme içi gereksinimler temelinde her işletmenin stratejik öncelikleri ve operasyonel ihtiyaçlarına göre bütüncül bir yaklaşımla belirlenmesi önem arz etmektedir.

Tablo 1 incelendiğinde, karar vericilerin kargo uçağı seçim sürecinde teknik, finansal, operasyonel ve sürdürülebilirlik odaklı kriterleri değerlendirmek amacıyla ÇKKV yöntemlerine başvurduğu görülmektedir. Söz

konusu kriterlerin literatürde, reel ekonomik koşullar çerçevesinde hava yolu kargo taşımacılığında sürdürülebilir rekabet avantajı sağlayacak işletme modelleri kapsamında bütüncül ve operatöre özgü olacak bir yaklaşımla birkaç çalışma dışında ele alınmaması nedeniyle operatörlerin pazardaki iş modeli ve konumlanma stratejileriyle uyumlu kargo uçağı seçimi gerçekleştirmeleri zorlaştırmaktadır.

Bu sınırlılığı aşmak amacıyla, hava yolu operatörüne özgü uçak seçimi yaklaşımının benimsenmesi ve iş modeli ile konumlanma stratejisine uygun kriterlere yönelinmesi uçak seçim sürecini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca karar verme sürecinde yalnızca teknik, finansal, operasyonel ve sürdürülebilirlik kriterleriyle sınırlı kalınmaması sağlanarak dışsal faktörlerin de değerlendirmeye dâhil edilmesi, operatörlerin pazardaki diğer aktörlerle stratejik uyumunun güçlendirilmesine katkı sağlayabilir. Böylece operatörler, sürdürülebilir rekabet avantajı hedefleriyle uyumlu, daha bütüncül ve sistematik bir seçim süreci yürütebilir.

Öte yandan iş modelleri ile konumlanma stratejileri arasında uyum sağlansa dahi bu durum işletmenin başarılı olmasını sağlayamayabilir. Çünkü havacılık lojistiği kapsamında malzeme akışının küresel tedarik zincirleri içinde yönetilmesi faaliyetlerin yalnızca gönderici–taşıyıcı–alıcı üçgeniyle sınırlı kalmamasına neden olmaktadır. Bu çerçevede hava yolu operatörleri, tedarik zincirlerinin merkezinde "odak işletme" konumunda stratejik bir rol üstlenmektedir. Bu nedenle kargo uçağı seçiminde; iş modeli, konumlanma stratejisi ve tedarik zinciri stratejileri arasındaki stratejik uyumun sağlanması ile sürdürülebilir rekabet anlayışının geliştirilmesi mümkün görünmektedir.

Tablo 1' de sunulan kargo uçağı seçim literatüründe temel kriterleri; Maywald vd. (2019) çalışmasında finansal ve operasyonel performans ölçütler üzerinden ele almıştır. Bu yaklaşım Kiracı & Bakır (2020) tarafından genişletilmiş; çalışmaya teknik performans, ekonomik performans ve çevresel etki boyutları dahil edilmiştir. Ardından Akyurt vd. (2020), maliyet ve operasyonel kriterlere ek olarak zaman kriterini de değerlendirerek karar sürecinin zamansal boyutuna dikkat çekmiştir. Ardil (2021) ise operasyonel kriterlere odaklanarak operasyonel performansın belirleyici rolünü ön plana çıkarmıştır. Daha sonra Tanrıverdi vd. (2022), önceki çalışmalarda ele alınan finansal, operasyonel ve teknik kriterlere ek olarak stratejik yönetim ve sürdürülebilirlik boyutlarını dahil ederek daha bütüncül bir değerlendirme çerçevesi ortaya koymuştur. Son olarak Prabowo & Zagloel (2022), finansal, operasyonel ve teknik kriterleri değer sağlama yaklaşımıyla bütünleştirerek uçağın özelliklerini de kapsayan çok boyutlu bir değerlendirme modeli geliştirmiştir. Bu kriterle yapılan uçak seçiminde Ardil (2021) teorik bir modelleme gerçekleştirirken Maywald vd. (2019) hava kuvvetlerine, Akyurt vd. (2020) ile Prabowo & Zagloel (2022) hava yolu operatörüne özgü uçak seçimi çalışması yapmıştır. Diğer çalışmalarda ise kriterler için farklı hava yolu işletmelerinden alınan genel değerlendirme puanlarıyla uçak seçimi gerçekleştirilmiştir.

Maywald vd. (2019) uçak seçimi sürecinde verimlilik odaklı kriterlerin belirlenmesine yoğunlaşarak karar verme sürecine sistematik bir yaklaşım sunmuştur. Ayrıca veri toplama sürecinde nesnel yöntemlerin kullanılması, çalışmanın güvenilirliğini ve uygulanabilirliğini artıran önemli bir güçlü yön olarak öne çıkmaktadır. Kiracı & Bakır (2020) ise rekabet avantajı sağlayan kriterlerin belirlenmesine ve belirsizlik altında karar vermeye imkân tanıyan yöntemlerin kullanılmasına odaklanarak literatüre önemli katkılar sunmuştur. Akyurt vd. (2020) kriterlerin maliyet ve operasyonel süreçlerin iyileştirilmesine dayalı olmasının yanında, hava araçlarının hurdaya ayrılması süreci ile gürültü kirliliği gibi çevresel unsurları da değerlendirmeye dahil ederek sürdürülebilirlik boyutunu ön plana çıkarmıştır. Ardil (2021) çalışmasında, en yüksek yük taşıma kapasitesine sahip uçağın seçimine yönelik kriterler geliştirilmiş ve bu yönüyle yük taşımacılığı performansına odaklanan önemli bir referans çerçevesi ortaya konmuştur. Tanrıverdi vd. (2022) uçak seçimi sürecinde iş modeli farklılaşmasını ve esneklik yaklaşımını ele alarak farklı hava yolu iş modellerine uygulanabilecek sonuçlar sunmuştur. Prabowo & Zagloel (2022) ise operatöre özgü belirlenen niş kriterler ile maliyet odaklı kriterleri birlikte değerlendirerek konumlanma stratejisine uygun uçak seçimi yaklaşımını ön plana çıkarmıştır.

Maywald vd. (2019) çalışmasında verimlilik odaklı kriterlere odaklanılması temel bir sınırlılık olarak ortaya çıkarken Kiracı & Bakır (2020) çalışmalarında kriterlerin belirli ölçüde indirgenmesi ve modelin varsayımlar altında kurulması karar sürecinin kapsamını daraltan bir sınırlılık olarak değerlendirilmektedir. Akyurt vd. (2020) belirlenen kriter setinin kısmen elenmesi ve modelin tek bir hava yolu odağında kurgulanması nedeniyle sonuçların genellenebilirliğinin sınırlı olduğunu belirtirken Ardil (2021) çalışmasında analiz kapsamının dar bir operasyonel çerçevede ele alınması ve alternatif senaryoların sınırlı düzeyde değerlendirilmesi temel kısıtlar arasında yer almaktadır. Tanrıverdi vd. (2022) çalışmanın belirli bir örneklem ve varsayımlar çerçevesinde yürütülmesinin yanı sıra reel ekonomi dinamiklerinin modele tam olarak dahil edilememesi önemli bir sınırlılık olarak gözlemlenirken Prabowo & Zagloel (2022) operatöre özgü yapıların ve sınırlı örneklem kullanımının yanı sıra uzman değerlendirmelerine dayalı yaklaşımın doğasından kaynaklanan öznelliğin sonuçların genellenebilirliğini sınırladığını vurgulamaktadır.

Tablo 1. Uçak Seçiminde Kullanılacak Kriterlerin Açıklanması ve Kodlanması

Yazar	Yöntem	Kriterler	Kriter Türü	Güçlü Yön	Zayıf Yön	Sınırlılıklar	Bulgular-Katkılar
Maywald vd. (2019)	Matematiksel Modelleme, ASM	Yakıt tüketimi, işletme maliyetleri, teslimat süresi, rota, mevcut uçak durumu, yük gereksinimleri, ağırlık kısıtları, hacim kısıtları, büyük yük taşıma kısıtları, yakıt verimliliği.	Finansal ve operasyonel performans odaklı. Hibrit Model.	Uçak seçimi sürecinde verimlilik odaklı kriterlerin belirlenmesi yaklaşımına odaklanması. Veri toplamada nesnel yaklaşıma odaklanması.	Esneklik, çeviklik, sürdürülebilirlik temelli yaklaşımlardan uzak belirlenen kriterler sadece hava kuvvetlerine özgü değerlendirme metodu sunmaktadır.	ABD Hava Kuvvetleri'nin hava nakliye operasyonları kapsamında, çalışma verimlilik odaklı bir sınırlılık içermektedir.	Matematiksel modelleme bağlamında uluşturulan ASM yönteminin bütüncül bir şekilde değerlendirme sağlamasıyla verimlilik artışı sağlanmıştır.
Kiracı & Bakır (2020)	Aralık Tip-2 Bulanık Küme; Aralık Tip-2 Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci; Aralık Tip-2 Bulanık TOPSIS	Koltuk-mil başına yakıt tüketimi, uçağın beklenen hizmet ömrü, maksimum kalkış ağırlığı, uçak koltuk kapasitesi, işletme maliyeti, uçak fiyatı, kirlilik ve gürültü.	Teknik performans, ekonomik performans ve çevresel etki odaklı. Hibrit model.	Rekabet avantajı odaklı kriter ve belirsizlik altında karar verme yöntemi sağlayan yöntemlerin kullanılmasına odaklanılması.	Kriter türleri ile alt kriterler arasındaki güçlü ilişkilerin, uzman değerlendirmesi yoluyla kriter sayısın azaltılması sonucunda minimize edilmesi. Uzmanların kimler olduğunun bilinmemesi.	Kriterlerin zaman zaman elimine edilmesi, uçak seçimi odağının tutarlılığını zayıflatarak çalışmanın metodolojik sınırlılıklarından birini oluşturmaktadır.	Belirsizlik altında seçim yapmaya destek sunan yöntemler kullanılması, sıkça kullanılan kriterlerin etkili sonuç vermesi, kriterlerin belirlenmesi sürecinde IT2FAHP yönteminin kullanılması katkı oluşturmaktadır.
Akyurt vd. (2020)	BAHP ve GIA	Uçağın fiyatı, bakım maliyeti, hurda değeri, yedek parça maliyeti, finansman olanağı, birim yakıt maliyeti, menzil, gürültü sınıfı, filoya tip uygunluğu, operasyon yapılacak meydanlara uyum, yükleme kapasitesi, bakım süresi, uçak kapı büyüklüğü, uçuş hızı, teslim zamanı, ekonomik ömür.	Maliyet, operasyonel ve zaman kriterleri.	Kriterlerin maliyet ve operasyonel süreçleri iyileştirme tabanlı olmasının yanı sıra hava aracının hurdaya ayrılması gibi geri dönüşümü ve gürültü kirliliğini de içeren çevreci özellikleri olması çalışmanın güçlü yanına vurgu yapmaktadır.	Kriterlerin hava yolu işletmelerinin her birine uygulanabilir olması operatörlerin stratejik konumlanmasını olumsuz etkileyebilir.	Belirlenen kriterlerin büyük bir bölümünün elimine edilmesi, belirli bir hava yoluna göre seçim kriterlerinin belirlenmesi bu çalışmanın teme sınırlığıdır.	Belirlenen kriterlere göre yapılan uçak seçim çalışmasına göre en uygun uçağın Boeing 777B.

Ardil (2021)	Entropi ve TOPSIS	Menzil, kargo kapasitesi, maksimum kalkış ağırlığı, maksimum iniş ağırlığı.	Operasyonel kriterler.	Kriterlerin en fazla yük taşımacılığı yapılabilecek uçağın seçimine referans sağlaması.	Finansal, teknik, stratejik yönetim ve sürdürülebilirlik kriterlerini göz ardı etmesi.	Reel ekonomik koşullarla ve hava yolu işletmelerinin stratejilerini göz ardı etmesinden dolayı sınırlılık oluşmaktadır.	Operasyonel kriterlerle en uygun uçağın Boeing B747-8F olduğu bulgusuna erişilmiştir.
Tanrıverdi vd. (2022)	AHP, TOPSIS, VIKOR	Menzil, uçak fiyatı, hız, kargo kapasitesi, yakıt tüketimi, MTOW, FTK maliyeti, yüklenebilirlik, finansal uygunluk, filo yapısına uygunluk, bakım maliyetleri, destinasyon uygunluğu	Finansal, operasyonel, teknik, stratejik yönetim ve sürdürülebilirlik kriterleri. Hibrit model.	Uçak seçimi sürecinde iş modeli farklılaşmasını ve esneklik yaklaşımını ortaya koymuştur. Farklı havayolu iş modellerine yönelik uygulanabilir sonuçlar sunmuştur.	Esneklik odaklı farklılaşma stratejileri maliyet yönetimini zorlaştırabilmektedir. Kriter setinin genellenebilirliği sınırlıdır.	Uzman görüşlerine dayalı değerlendirmeler öznellik içermektedir. Çalışmanın yalnızca Türkiye örnekleminde uygulanması ve alternatif uçakların benzer özelliklere sahip olması sonuçların genellenmesini sınırlandırmaktadır.	Analiz sonucunda A330-200F ve B777F modelleri en uygun kargo uçakları olarak belirlenmiştir. Çalışma, havayolu iş modelleri kapsamında esneklik stratejisinin uçak seçimine etkisini ortaya koyarak literatüre katkı sağlamıştır.
Prabowo & Zagloel (2022)	FAHP, TOPSIS	Yük kapasitesi, menzil, yakıt tüketimi, kalkış mesafesi, iniş mesafesi, uçağın fiyatı, bakım maliyeti, dünyadaki filo popülasyonu, filodaki uçaklara benzerlik,	Finansal, operasyonel (uçağın özellikleri), teknik ve değer sağlama temelli kriterler. Hibrit model.	Operatöre özgü belirlenen niş kriterler ve maliyet odaklı kriterler. Konumlanma stratejisine uygun uçak seçimi.	Sürdürülebilirlik kriterlerini göz ardı etmesi çalışmanın zayıf yönünü ortaya koymaktadır.	Çalışmanın sadece bir hava yolu operatörü üzerine yapılması kriterlerin tamamının diğerleri için uygulanabilirliğini kısıtlamaktır. Ayrıca uzman sayısının da arttırılamaması diğer sınırlılıktır.	Tarifesiz kargo operatörü için uçak seçim kriterlerinin belirlenmesi ile kargo uçağı seçimi yapılması.

Tablo 1'de sağlanan literatürde Kiracı & Bakır (2020), Akyurt vd. (2020), Ardıl (2021), Tanrıverdi vd. (2022) ile Prabowo ve Zagloel (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda da görüldüğü üzere kargo uçağı seçim sürecinde ÇKKV tekniklerinin kullanılmasının temel nedeni, özellikle yatırım süreçlerinde karar verme aşamasında hem öznel hem de nesnel değerlendirmelere bu yöntemlerin imkân tanınmasından kaynaklanmaktadır. Bu yöntemlerle yapılan değerlendirmeler sonucunda firmalar; verimlilik artışı, maliyet tasarrufu ve daha uygun niteliklere sahip alternatiflerin seçilmesi gibi çeşitli avantajlar elde edebilmektedir. Özellikle alternatiflerin değerlendirilmesi sürecinde, literatürden ve uzman görüşlerinden elde edilen kriterlerin önem düzeylerinin çalışmanın amacına göre hem öznel hem de nesnel olarak belirlenebilmesi de ayrı bir avantaj unsuru olarak değerlendirilmektedir.

3. YÖNTEM

Havacılık lojistiği faaliyetleri kapsamında araştırmacıların filoya uçak tedarikinde çok sayıda kriteri dikkate alarak değerlendirme yaptığı Tablo 1'de gözlenmiştir. Genel olarak çalışmalarda; havacılık lojistiği bağlamında iş modeli, konumlanma stratejisi ile tedarik zinciri stratejileri arasında stratejik uyum sağlanmasına yönelik uçak seçim kriteriyle ilgili bir çalışmanın yapılmamış olması önemli bir literatür boşluğudur. Bu nedenle çalışma, iş modeli bağlamında tarifesiz hava yolu operatörü olan ve stratejik konumlanmasını tedarik zinciri stratejisiyle uyumlu esnek üretim yaklaşımı üzerine kuran bir hava yolu işletmesi üzerine odaklamaktadır. Söz konusu iş modeli ve konumlanma stratejisi hava yolu operatörüne dünya genelindeki havacılık tedarik zincirleri ile mal üretimi yapan tedarik zincirlerine esnek biçimde entegre olma ve bağlantı kurma imkânı tanımaktadır. Ayrıca literatürde filoya dâhil edilecek uçakların seçimine yönelik çalışmalarda ele alınan kriterlerin belirlenmesinde ağırlıklı olarak yolcu uçaklarının özelliklerinin esas alındığı görülmektedir. Bu çalışmada ise DEMATEL yöntemi kullanılarak Türkiye merkezli özel bir tarifesiz hava yolu operatörünün kargo uçağı seçiminde ele aldığı kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesi ve kriterler arasındaki ilişlerin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda kriterler belirlendikten sonra alternatif kriterler üzerindeki neden-sonuç ilişkileri ile alternatif kriterlerle olan etkileşimleri değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilecek sonuçların hava kargo operatörlerine uçak seçiminde kullanacakları kriterler hakkında yol gösterici nitelikte olması bakımından önemli olduğu değerlendirilmektedir.

Tablo 2. Uçak Seçiminde Kullanılacak Kriterlerin Açıklanması ve Kodlanması

Kriterler	Kod	Açıklama	Yazar ve Uzmanlar
Yaşı	Q1	Uçağın yaşı	Uzman 1, 2, 3
Fiyatı	Q2	Uçağın fiyatı	Uzman 1, 2, 3 ve Tablo 1
Yakıt tüketimi	Q3	Uçağın yakıt tüketimi	Uzman 1, 2, 3 ve Tablo 1
Menzili	Q4	Uçağın yakıt tanklarının tam dolu olmasıyla gidebileceği maksimum mesafe	Uzman 1, 2, 3 ve Tablo 1
Maksimum kalkış ağırlığı-TOW	Q5	Uçağın maksimum kalkış ağırlığı	Uzman 1, 2, 3 ve Tablo 1
Hız	Q6	Uçağın maksimum hızı	Uzman 1, 2, 3 ve Tablo 1
Kargo kapısının uçağın burnunda olması (Nose Door)	Q7	Uçağın burun bölümünün kargo kapısı olarak açılması	Uzman 1, 2, 3
Kargo kapısının uçağın kuyruğunda olması (Rear Door)	Q8	Uçağın kuyruk bölümünün kargo kapısı olarak açılması	Uzman 1, 2, 3
Dünyadaki filo durumu	Q9	Alınacak uçağın dünyadaki diğer hava kargo taşıyıcıları içindeki durumu	Uzman 1, 2, 3
Servisteki uçak sayısı	Q10	Filoda operasyonda aynı uçak tipinden olup olmadığı	Uzman 1, 2, 3
Serviste kalacağı yıl	Q11	Kaç yıl operasyonel olarak kullanılacağı	Uzman 1, 2, 3
Hacim kapasitesi	Q12	Kargo kompartmanlarının hacim sınırlaması	Uzman 1, 2, 3 ve Tablo 1
Ağırlık kapasitesi	Q13	Kargo kompartmanlarının ağırlık sınırlaması	Uzman 1, 2, 3 ve Tablo 1
Operasyon ve bakım maliyeti	Q14	Uçağın işletme maliyeti	Uzman 1, 2, 3 ve Tablo 1
Dönüşüm olup olmadığı	Q15	Yolcu uçağından kargo uçağına dönüşümü	Uzman 1, 2, 3

Kriterlerin oluşturulması aşamasında akademik literatürden ve uzman görüşlerinden yararlanılmıştır. Uzman grubunun tamamı özel teşebbüs niteliğinde faaliyet gösteren tarifesiz hava kargo operatörlerinde filoya uçak tedariği konusunda teknik ve finansal açıdan deneyim sahibi dört kişiden oluşmaktadır. Bu uzmanlardan 2019 yılından itibaren elde edilen veriler doğrultusunda en yüksek düzeyde fikir birliği sağlanan kriterler ise Tablo 2'de sunulmuştur. Söz

konusu kriterlerin bir kısmı temel özellikleri bakımından yolcu uçaklarının seçim kriterleriyle benzerlik göstermektedir. Özellikle uçağın yaşı, fiyatı, yakıt tüketimi, menzili, maksimum kalkış ağırlığı, yük ve hacim kapasitesi, operasyon ve bakım maliyetleri ile hız kriterleri, yolcu uçaklarının tercih edilme nedenleriyle benzerlik göstermektedir.

Bu çalışmada kriterlere ilişkin veriler, tamamı özel teşebbüs niteliğinde olan tarifesiz hava kargo taşımacılığı sektöründe faaliyet gösteren bir hava yolu işletmesinde görev yapan üç profesyonelden elde edilerek analize tabi tutulmuştur. Literatürde de benzer şekilde Prabowo & Zagloel (2022) FAHP ile TOPSIS; Han & Deng (2018) DEMATEL yöntemini üç uzman görüşünden yararlanarak uygulamıştır. Uzman sayısının sınırlı tutulmasının temel nedeni ilgili havacılık lojistiği işletmesinde filoya uçak tedariği karar sürecinde aktif olarak görev alan toplam üç yetkili personelin bulunmasıdır. Ayrıca ilgili uzman personelin hem işletmeye hem de görev pozisyonlarına ilişkin kişisel bilgilerinin paylaşılmasını istememesi nedeniyle çalışmada bu bilgilere detaylı olarak yer verilememiştir.

DEMATEL, Battelle Memorial Enstitüsü'nün Geneva Araştırma Merkezi'nde geliştirilmiştir (Varma & Kumar, 2012, s. 3651). DEMATEL, karmaşık ölçütler arasındaki nedensel ilişkilerin yapısal modelini oluşturmak ve bu ilişkileri analiz etmek amacıyla kullanılan çok kriterli karar verme tekniğidir (Wu & Lee, 2007, s. 501). Başka bir ifadeyle, bu teknik yapısal modelleme yaklaşımı çerçevesinde, bir sistemi oluşturan bileşenler arasındaki neden-sonuç ilişkilerinin analiz edilmesinde kullanılmaktadır. Yöntem, matrisler yardımıyla ölçütler arasındaki bağımlılık ilişkilerinden hareketle neden ve sonuç gruplarını oluşturmakta; ayrıca bu gruplar içerisindeki kriterler arasındaki karmaşık yapısal sistemin etki ilişkilerini diyagramlar aracılığıyla ortaya koymaktadır. Bu özellik, DEMATEL yönteminin güçlü yönlerinden biri olarak ifade edilmektedir (Wu & Lee, 2007, s. 500; Si vd., 2018, s. 1). DEMATEL yöntemi, faktörler arasındaki karşılıklı etkileşimleri analiz ederek hangi kriterlerin etki (sebep), hangi kriterlerin ise diğerlerinden etkilenen (sonuç) kriter gruplarında yer aldığını belirlemeye yardımcı olmaktadır. DEMATEL yönteminde, diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinde olduğu gibi, kriterlerin değerlendirilmesi uzman görüşleri ve deneyimlerine dayalı olarak gerçekleştirilmektedir (Kabadayı & Dağ, 2019). DEMATEL metodunun, diğer çok kriterli karar verme tekniklerine kıyasla avantajlı yönleri aşağıda sunulmuştur (Varma & Kumar, s. 3651-3652). Bunlar;

- Neden-sonuç diyagramındaki dolaylı ilişkilerin dönüşümünü göstermeye yönelik teknik kolaylıklar sunması,
- Oluşturulan yapısal modellerin tümünün analiz edilmesinde kullanılan etkili bir yöntem olması,
- Belirlenen kararların ağırlıklandırılmasında, kriterlerin tanımlanmasında ve kriterler arasındaki ilişkilerin kurulmasında sistematik bir yaklaşım sağlaması,
- Varsayımlara bağlı kalmak yerine çok sayıda kriter arasındaki nedensel ilişkileri tanımlayarak araştırmacılara yardımcı olması,
- Genel olarak kullanılan önceliklendirme yöntemlerinin bileşenler arasındaki dolaylı ilişkileri açıklamakta yetersiz kalması; bu yöntemlerin hem alt sistemleri hem de bileşenleri bütüncül olarak açıklayamaması. DEMATEL yönteminin ise bileşen türlerini ve bileşenler arasındaki ilişkilerin doğrudan ya da dolaylı olup olmadığını analiz eden etkili bir yaklaşım sunması,
- Bu teknik yardımıyla uzmanlardan elde edilen bireysel görüşlerin tek bir matriste birleştirilebilmesi.

DEMATEL yöntemi, kriterler kümesini etkileyen (sebep) ve etkilenen (sonuç) olarak iki gruba ayırmaktadır. Sebep kriterlerinin özelliği, diğer kriterler üzerinde yüksek düzeyde etkiye sahip olmalarıdır; bu nedenle bu kriterlere dağıtıcı denilmektedir. Etkilenen kriterlerin yer aldığı gruba ise alıcı grubu denebilir. Bu kriterler, ağırlıklı olarak diğer kriterlerden etkilenen kriterler olarak tanımlanmaktadır (Aksakal & Dağdeviren, 2010, s. 907). DEMATEL yöntemi, kriterler arasındaki ilişkileri neden-sonuç ilişkisi temelinde analiz etmek için aşağıdaki adımları izlemektedir (Wu & Lee, 2007, s. 501; Aksakal & Dağdeviren, 2010, s. 907; Li ve Tzeng, 2009, s. 9892-9894). DEMATEL yöntemi altı birbirini takip eden adımdan oluşmaktadır. Söz konusu adımlar aşağıda açıklanmıştır:

Birinci Adım: Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması (A olarak ifade edilir)

Birinci adımda, direkt ilişki matrisinin oluşturulması amacıyla uzman görüşleri 5'li bir skalaya göre değerlendirilir. DEMATEL 5'li karşılaştırma skalası değerleri şu şekilde tanımlanmaktadır:

- 0 değeri, kriterler arasında etkileşim olmadığını;
- 1 değeri, kriterler arasındaki etkileşimin düşük olduğunu;
- 2 değeri, kriterler arasındaki etkileşimin orta düzeyde olduğunu;
- 3 değeri, kriterler arasındaki etkileşimin yüksek olduğunu;
- 4 değeri, kriterler arasındaki etkileşimin çok yüksek olduğunu

ifade eder.

İkinci Adım: Normalleştirilmiş Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması

Direkt ilişki matrisine dayanarak, aşağıdaki eşitlikler kullanılarak normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi (M) elde edilir. Bu işlemde, satır ve sütunlardaki en küçük değer (k) eşitliklerde kullanılır:

$$\mathrm{M} = \mathrm{kxA}, \tag{1}$$

$$\mathrm{k} = min\left(\frac{1}{\max\sum_{i=1}^{a}|a_{ij}|}, \frac{1}{\max\sum_{j=1}^{a}|a_{ij}|}\right). \tag{2}$$

Burada, $1 \leq i, j \leq a$, $\mathrm{i,j} \in \{1, 2, \dots, n\}$.

Üçüncü Adım: Toplam İlişki Matrisinin Elde Edilmesi

Normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi elde edildikten sonra, toplam ilişki matrisi (S) aşağıdaki eşitlik kullanılarak oluşturulur. Bu eşitlikte, I birim matrisi olarak ifade edilmektedir:

$$S = M^1 + M^2 + \cdots = \sum_{i=1}^{\infty} M^i, \tag{3}$$

$$S = M(\mathrm{I} - M)^{-1}. \tag{4}$$

Dördüncü Adım: Gönderici ve Alıcı Grubunun Oluşturulması

Toplam ilişki matrisi S içindeki sütunların toplamı R olarak kodlanırken aynı matristeki satırların toplamı D olarak kodlanır. Aşağıdaki (6) ve (7) eşitlikleri ile yapılan hesaplamalar sonucunda D-R ve D+R değerlerine ulaşılır. Bu değerler, kriterlerin diğerleri üzerindeki etkisini ve kriterler arasındaki ilişkileri ortaya koymaktadır.

- D-R değerleri: Bazı değerler pozitif çıkabilir. Pozitif değerler, ilgili kriterin diğer kriterler üzerinde yüksek etkiye sahip olduğunu ve diğer kriterlere göre yüksek önceliğe sahip olduğunu göstermektedir. Negatif değerler ise, kriterin diğer kriterlerden daha fazla etkilendiğini ifade eder.
- D+R değerleri: Her bir kriterin diğer kriterlerle olan ilişki düzeyini gösterir. D+R değeri yüksek olan kriterler, diğer kriterlerle daha yoğun ilişki içerisindedir; düşük değerler ise diğer kriterlerle daha sınırlı ilişki gösterir.

$$S = \left[S_{i,j}\right]_{nxn}, \qquad i,j \,\epsilon\{1, 2, \dots, n\}, \tag{5}$$

$$D = \sum_{i=1}^{n} S_{i,j}, \tag{6}$$

$$R = \sum_{J=1}^{n} S_{i,j}. \tag{7}$$

Beşinci Adım: Eşik Değerinin Belirlenmesi ve Etki-Yönlü Grafik Diyagramının Oluşturulması

Etki-yönlü grafik diyagramı, yatay eksende D+R, düşey eksende D-R olacak şekilde bir koordinat düzleminde, her kriterin (D+R, D-R) noktası ile gösterilmesiyle elde edilir. Eşik değerinin belirlenmesine ilişkin farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Genellikle, eşik değeri uzman görüşlerine dayanarak belirlenmektedir. Alternatif bir yaklaşımda ise, eşik değer toplam ilişki matrisinin ortalaması alınarak hesaplanmaktadır.

Altıncı Adım: Kriterlerin ağırlıklarının Oluşturulması

D_i+R_i' nin karesinin Di-R_i'nin karesi ile toplanmasının karekökü alınır.

$$W_{ia} = \sqrt{(Di + Ri)^2 + (Di - Ri)^2}. \tag{8}$$

Elde edilen her bir ağırlık, ağırlıkların genel toplamına bölünerek normalize ağırlıklar elde edilir.

$$W_i = \frac{W_{ia}}{\sum_{i=1}^{n} W_{ia}}. \tag{9}$$

Uçak Seçim Kriterlerinin DEMATEL Yöntemi ile Uygulanma Aşamaları

Uzman görüşlerine dayanılarak elde edilen veriler ile kriterler arasındaki ilişkinin nedensel olup olmadığına dönük analiz aşağıdaki adımlarda sunulmaktadır.

Birinci Adım: Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması

Hava kargo uçağı seçiminde ele alınacak kriterlerin belirlenmesi için uzmanlardan alınan bilgiler doğrultusunda 15 kriterin her birinin diğeri üzerine etkisini ölçmek için verilen puanların aritmetik ortalaması alınmıştır. Elde edilen direkt ilişki matrisi Tablo 3'te sunulmuştur.

Tablo 3. Direkt İlişki Matrisi

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15
Q1	0,00	4,00	3,33	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	3,00	2,00	0,00	0,00	2,67	1,00
Q2	4,00	0,00	3,00	2,67	1,67	1,67	1,67	1,00	3,33	2,33	2,33	1,33	1,33	1,33	0,00
Q3	3,33	1,33	0,00	2,33	1,67	2,33	0,00	0,00	3,33	3,00	2,00	0,00	0,00	2,00	0,00
Q4	0,67	0,00	4,00	0,00	1,33	0,67	0,00	0,00	2,00	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,00
Q5	0,00	0,67	1,33	2,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,67	2,00	2,00	4,00	4,00	0,33	0,00
Q6	1,33	0,67	2,67	2,67	0,67	0,00	0,00	0,00	1,67	2,33	0,67	0,67	0,67	0,33	0,00
Q7	0,00	2,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	3,33	3,33	3,33	4,00	3,33	1,00	0,00
Q8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	2,33	2,33	2,33	4,00	3,33	1,00	0,33
Q9	1,67	1,33	0,67	1,33	0,67	0,67	0,67	0,00	0,00	3,00	3,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Q10	2,33	2,67	1,00	0,67	0,00	0,00	0,67	0,00	4,00	0,00	2,00	1,00	0,00	1,00	0,00
Q11	2,67	0,67	1,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
Q12	0,00	0,00	0,00	1,00	4,00	1,00	0,00	0,00	3,00	2,00	1,00	0,00	4,00	3,00	0,00
Q13	0,00	0,67	1,00	3,00	4,00	3,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	2,00	0,00	4,00	0,00
Q14	2,00	3,00	4,00	0,00	0,00	1,00	0,67	0,00	3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Q15	1,00	1,33	0,00	0,00	1,33	1,00	0,00	0,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	0,00

Daha sonra Tablo 3'te elde edilen direkt ilişki matrisinin her bir kriterinin satır ve sütunları toplanır. Satır ve sütunlardaki kriterlerin toplamının en yüksek olduğu Q9 kriteri (s değeri: 35,67) yöntemde kullanılmak üzere s değeri olarak belirlenir.

İkinci Adım: Normalleştirilmiş Direkt İlişki Matrisi (M)

Tablo 4'teki sayıların artık değerlerden arındırılması için ve birim bazında hesaplamalar yapılabilmesi için direkt ilişki matrisindeki her bir satır ve sütün kesişimini "s değerine" bölerek normalleştirilmiş direk ilişki matrisini elde ederiz.

Tablo 4. Normalleştirilmiş Direkt İlişki Matrisi

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15
Q1	0,00	0,11	0,09	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,08	0,06	0,00	0,00	0,07	0,03
Q2	0,11	0,00	0,08	0,07	0,05	0,05	0,05	0,03	0,09	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04	0,00
Q3	0,09	0,04	0,00	0,07	0,05	0,07	0,00	0,00	0,09	0,08	0,06	0,00	0,00	0,06	0,00
Q4	0,02	0,00	0,11	0,00	0,04	0,02	0,00	0,00	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00
Q5	0,00	0,02	0,04	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,05	0,06	0,06	0,11	0,11	0,01	0,00
Q6	0,04	0,02	0,07	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,05	0,07	0,02	0,02	0,02	0,01	0,00
Q7	0,00	0,06	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	0,09	0,11	0,09	0,03	0,00
Q8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,07	0,07	0,07	0,11	0,09	0,03	0,01
Q9	0,05	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,08	0,08	0,00	0,00	0,03	0,00
Q10	0,07	0,07	0,03	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,11	0,00	0,06	0,03	0,00	0,03	0,00
Q11	0,07	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Q12	0,00	0,00	0,00	0,03	0,11	0,03	0,00	0,00	0,08	0,06	0,03	0,00	0,11	0,08	0,00
Q13	0,00	0,02	0,03	0,08	0,11	0,08	0,00	0,00	0,11	0,11	0,11	0,06	0,00	0,11	0,00
Q14	0,06	0,08	0,11	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,08	0,08	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Q15	0,03	0,04	0,00	0,00	0,04	0,03	0,00	0,00	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,06	0,00

Üçüncü Adım: Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması (S)

Toplam ilişki matrisinin elde edilmesi için birim (I) matristen Tablo 4'teki normalleştirilmiş ilişki matrisi (M) çıkarılır. Daha sonra elde edilen matrisin tersi alınır. Ortaya çıkan yeni matris ise normalleştirilmiş ilişki matrisiyle çarpılarak toplam ilişki matrisi elde edilir.

Tablo 5. Toplam İlişki Matrisinin Oluşturulması

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15
Q1	0,060	0,152	0,140	0,032	0,022	0,044	0,014	0,004	0,070	0,142	0,107	0,017	0,014	0,108	0,030
Q2	0,174	0,063	0,153	0,118	0,084	0,082	0,059	0,030	0,184	0,160	0,146	0,071	0,069	0,095	0,005
Q3	0,145	0,087	0,062	0,097	0,067	0,088	0,013	0,002	0,157	0,151	0,114	0,021	0,018	0,093	0,004
Q4	0,052	0,027	0,138	0,025	0,056	0,039	0,006	0,001	0,098	0,064	0,056	0,031	0,031	0,045	0,001
Q5	0,043	0,053	0,082	0,095	0,044	0,059	0,009	0,001	0,122	0,124	0,114	0,134	0,138	0,059	0,001
Q6	0,075	0,050	0,112	0,099	0,040	0,021	0,008	0,001	0,097	0,111	0,060	0,033	0,032	0,040	0,002
Q7	0,053	0,097	0,047	0,040	0,060	0,031	0,014	0,003	0,175	0,168	0,160	0,137	0,122	0,080	0,002
Q8	0,035	0,032	0,034	0,030	0,054	0,025	0,009	0,001	0,129	0,124	0,117	0,132	0,118	0,071	0,010
Q9	0,085	0,070	0,057	0,056	0,032	0,033	0,027	0,002	0,049	0,126	0,120	0,015	0,012	0,054	0,002
Q10	0,108	0,110	0,069	0,044	0,020	0,020	0,030	0,003	0,159	0,057	0,103	0,042	0,015	0,061	0,003
Q11	0,101	0,048	0,055	0,014	0,009	0,012	0,016	0,001	0,087	0,090	0,032	0,008	0,006	0,049	0,003
Q12	0,042	0,041	0,051	0,067	0,142	0,058	0,010	0,001	0,155	0,127	0,094	0,032	0,137	0,124	0,001
Q13	0,071	0,077	0,104	0,131	0,146	0,116	0,016	0,002	0,209	0,203	0,190	0,090	0,036	0,160	0,002
Q14	0,118	0,130	0,159	0,036	0,023	0,054	0,033	0,004	0,152	0,152	0,141	0,018	0,015	0,041	0,003
Q15	0,063	0,069	0,038	0,025	0,056	0,046	0,009	0,002	0,105	0,104	0,072	0,045	0,044	0,084	0,002
D	0,957	1,494	1,119	0,671	1,079	0,779	1,187	0,921	0,742	0,844	0,532	1,084	1,553	1,078	0,766
R	1,227	1,106	1,301	0,909	0,856	0,727	0,273	0,059	1,946	1,902	1,628	0,829	0,808	1,163	0,072

Dördüncü Adım: Gönderici ve Alıcı Grubunun Oluşturulması

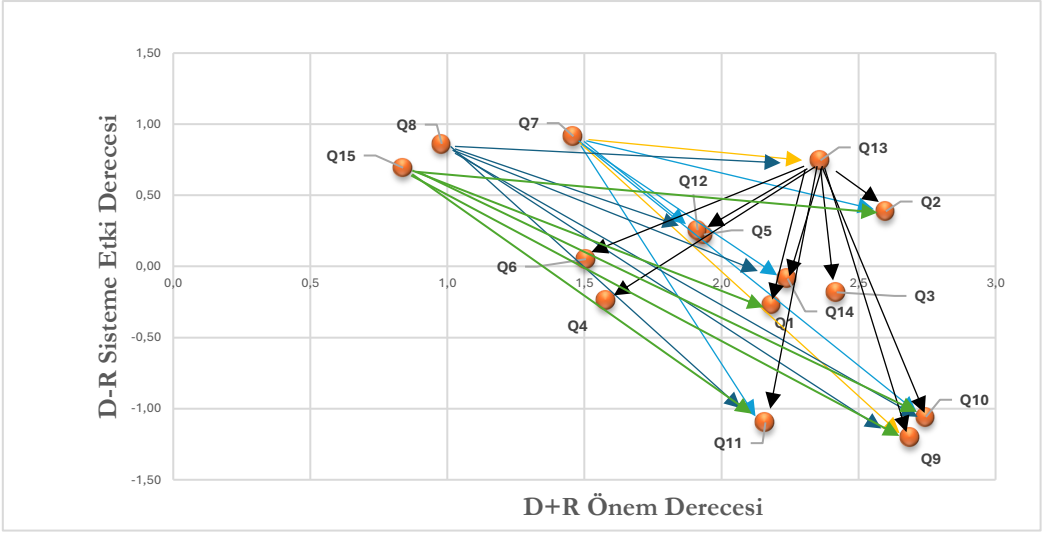
Tablo 5'teki D ve R satırlarının toplamının ve farkının alınması sonucunda yukarıdaki Tablo 6'daki (D+R) ve (D-R) değerleri elde edilir. Bu değerler kriterlerin diğer kriterler üzerine etkisini ya da kriterler arasındaki ilişkinin varlığını ortaya koyar.

Tablo 6. Gönderici ve Alıcı Grubunun Belirlenmesi

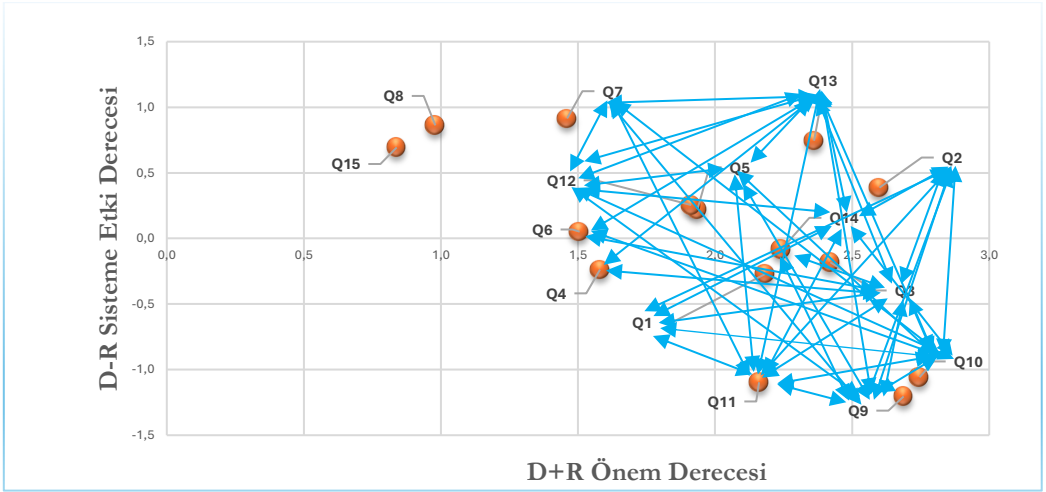
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15
Q1	0,060	0,152	0,140	0,032	0,022	0,044	0,014	0,004	0,070	0,142	0,107	0,017	0,014	0,108	0,030
Q2	0,174	0,063	0,153	0,118	0,084	0,082	0,059	0,030	0,184	0,160	0,146	0,071	0,069	0,095	0,005
Q3	0,145	0,087	0,062	0,097	0,067	0,088	0,013	0,002	0,157	0,151	0,114	0,021	0,018	0,093	0,004
Q4	0,052	0,027	0,138	0,025	0,056	0,039	0,006	0,001	0,098	0,064	0,056	0,031	0,031	0,045	0,001
Q5	0,043	0,053	0,082	0,095	0,044	0,059	0,009	0,001	0,122	0,124	0,114	0,134	0,138	0,059	0,001
Q6	0,075	0,050	0,112	0,099	0,040	0,021	0,008	0,001	0,097	0,111	0,060	0,033	0,032	0,040	0,002
Q7	0,053	0,097	0,047	0,040	0,060	0,031	0,014	0,003	0,175	0,168	0,160	0,137	0,122	0,080	0,002
Q8	0,035	0,032	0,034	0,030	0,054	0,025	0,009	0,001	0,129	0,124	0,117	0,132	0,118	0,071	0,010
Q9	0,085	0,070	0,057	0,056	0,032	0,033	0,027	0,002	0,049	0,126	0,120	0,015	0,012	0,054	0,002
Q10	0,108	0,110	0,069	0,044	0,020	0,020	0,030	0,003	0,159	0,057	0,103	0,042	0,015	0,061	0,003
Q11	0,101	0,048	0,055	0,014	0,009	0,012	0,016	0,001	0,087	0,090	0,032	0,008	0,006	0,049	0,003
Q12	0,042	0,041	0,051	0,067	0,142	0,058	0,010	0,001	0,155	0,127	0,094	0,032	0,137	0,124	0,001
Q13	0,071	0,077	0,104	0,131	0,146	0,116	0,016	0,002	0,209	0,203	0,190	0,090	0,036	0,160	0,002
Q14	0,118	0,130	0,159	0,036	0,023	0,054	0,033	0,004	0,152	0,152	0,141	0,018	0,015	0,041	0,003
Q15	0,063	0,069	0,038	0,025	0,056	0,046	0,009	0,002	0,105	0,104	0,072	0,045	0,044	0,084	0,002
D+R	2,184	2,600	2,420	1,580	1,936	1,506	1,460	0,980	2,688	2,746	2,160	1,913	2,361	2,241	0,839
D-R	-0,270	0,388	-0,182	-0,237	0,223	0,051	0,915	0,862	-1,204	-1,058	-1,096	0,255	0,745	-0,085	0,694

Beşinci Adım: Eşik Değerinin Hazırlanması Etki ve İlişki Yönlü Graf Diyagramının Oluşturulması

Eşik değeri belirlerken toplam ilişki matrisindeki her bir X_{ij} değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama değerin eşik değer olarak belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Yukarıda verilen Tablo 4'teki verilere göre eşik değer 0,06579 olarak bulunmuştur. Eşik değerin 0,06579 olarak belirlenmesi "Etki Yönlü Graf Diyagramının" daha yalın bir şekilde görselleştirilmesi için yapılmıştır. "İlişki Yönlü Graf Diyagramının" eşik değeri ise uzman görüşüne başvurularak 0,1 değeri ele alınarak görselleştirilmiştir.



Şekil 1. Etki Yönlü Graf Diyagramları



Şekil 2. İlişki Yönlü Graf Diyagramları

Tablo 5'teki D-R sütununda, Q7, Q8, Q13 ve Q15 kriterlerinin pozitif değerler alması, bu kriterlerin diğer kriterler üzerinde yüksek etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, söz konusu kriterlerin sistemde dağıtıcı (sebep) özellikli olduklarını ve diğer kriterler üzerinde önemli bir rol oynadıklarını ortaya koymaktadır. Daha düşük etki düzeyine sahip D-R değerleri ise, örneğin Q2, Q5 ve Q12 gibi kriterlerdir. Negatif D-R değerleri, ilgili kriterlerin diğer kriterlerden daha fazla etkilendiğini göstermektedir. Bu kriterler, yani diğer kriterlerden etkilenenler, Q9, Q10, Q11, Q14, Q1, Q3 ve Q4 olarak belirlenmiştir ve sistemde alıcı (sonuç) özellikli kriterler olarak değerlendirilmektedir. D+R değerleri incelendiğinde, Q1, Q2, Q3, Q9, Q10, Q11, Q13 ve Q14 kriterlerinin diğer kriterlerle yüksek düzeyde etkileşimde olduğu görülmektedir. Buna karşılık, en az ilişki içerisinde olan D+R kriterleri Q15 ve Q8'dir. Kriterlerin D-R ve D+R değerlerine göre sistem içindeki etki ve etkileniş konumları, Şekil 1 ve Şekil 2'de görsel olarak verilmiştir.

Altıncı Adım: Kriterlerin Önceliklerinin Belirlenmesi

Tablo 2'de yer alan kriterlerin önem ağırlıkları Tablo 7'de sıralı olarak sunulmaktadır. Tablo 7'nin incelenmesi sonucunda tarifesiz hava yolu işletmesinin filosuna uçak seçiminde öncelikli öneme sahip kriterlerin Q9, Q10, Q2, Q13 ve Q3 olduğu belirlenmiştir.

Tablo 7. Kriter Önceliklerinin Belirlenmesi

Kriterler	Kod	$W_i=[(D+R)^2+(D-R)^2]^{1/2}$	Normalize Edilmiş Wi (Kriterlerin Ağırlıkları)	Önem (Öncelik) Düzeyi
Yaşı	Q1	2,200184	0,070104	8
Fiyatı	Q2	2,628363	0,083747	3
Yakıt Tüketimi	Q3	2,427189	0,077337	5
Menzili	Q4	1,59807	0,050919	12
Maksimum Kalkış Ağırlığı	Q5	1,948477	0,062084	9
Hızı	Q6	1,506964	0,048016	13
Kargo Kapısının Uçağın Burnunda Olması	Q7	1,723059	0,054901	11
Kargo Kapısının Uçağın Kuyruğunda Olması	Q8	1,304729	0,041572	14
Dünyadaki Filo Durumu	Q9	2,945214	0,093842	1
Servisteki Uçak Sayısı	Q10	2,942719	0,093763	2
Serviste Kalacağı Yıl	Q11	2,422676	0,077193	6
Hacim Kapasitesi	Q12	1,929847	0,06149	10
Ağırlık Kapasitesi	Q13	2,475931	0,07889	4
Operasyon ve Bakım Maliyeti	Q14	2,242953	0,071466	7
Dönüşüm Olup Olmadığı	Q15	1,08838	0,034679	15

4. BULGULAR

Havacılık sektöründe hava kargo taşımacılığı yapan işletmeler, filolarına hangi uçağı veya uçakları dahil edeceklerini belirlerken çok sayıda nitel ve nicel ölçütü dikkate almaktadır. Bu kriterler ve yöntemler çalışmamızın literatür bölümünde ele alınmıştır. Türkiye'de özellikle havacılık lojistiği bağlamında faaliyet gösteren bir tarifesiz hava yolu işletmesinden elde edilen veriler ışığında DEMATEL yöntemi ile yapılan analizlerin bulguları, Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. Neden, Sonuç, İlişki Düzeyi ve Öncelik Düzeyi Tablosu

Kriter	Kodlar	Neden D-R Pozitif	Sonuç D-R Negatif	İlişki Düzeyi D+R	Önem (Öncelik) Düzeyi
Yaşı	Q1		Sonuç	7	8
Fiyatı	Q2	Neden		3	3
Yakıt Tüketimi	Q3		Sonuç	4	5
Menzili	Q4		Sonuç	11	12
Maksimum Kalkış Ağırlığı	Q5	Neden		9	9
Hızı	Q6	Neden		12	13
Kargo Kapısının Uçağın Burnunda Olması	Q7	Neden		13	11
Kargo Kapısının Uçağın Kuyruğunda Olması	Q8	Neden		14	14
Dünyadaki Filo Durumu	Q9		Sonuç	2	1
Servisteki Uçak Sayısı	Q10		Sonuç	1	2
Serviste Kalacağı Yıl	Q11		Sonuç	8	6
Hacim Kapasitesi	Q12	Neden		10	10
Ağırlık Kapasitesi	Q13	Neden		5	4
Operasyon ve Bakım Maliyeti	Q14		Sonuç	6	7
Dönüşüm Olup Olmadığı	Q15	Neden		15	15

Gönderici (D-R) kümesini oluşturan etki kriterlerinin önem sıralamasına göre açıklamaları aşağıda verilmiştir:

- Uçağın burnunun kargo kapısı olarak açılması; en önemli etki ölçütü olarak belirlenmiştir. Bu ölçüt, uçağın fiyatını, dünyadaki filo durumunu, kullanım süresini, kargo kompartımanının hacmini ve ağırlık kapasitesini,

ayrıca hava yolu işletmelerinin filolarındaki diğer uçak tiplerini etkilemektedir. Toplamda altı ölçüt üzerinde baskın bir etkiye sahiptir. Bunun nedeni uçağın hem hacim hem de ağırlık açısından verimli kullanılabilmesi ve özellikli büyük ve tek parça yüklerin taşınabilmesine imkân sağlamasıdır. Bu durum, hava yolu işletmesinin kârlılığını da önemli ölçüde etkileyebilir.

- İkinci en önemli etki ölçütü, kargo kapısının uçağın kuyruğunda olmasıdır. Bu ölçüt, uçağın dünyadaki filo durumunu, filodaki diğer uçak tiplerini, kullanım süresini, kargo kompartımanının hacmini ve ağırlık kapasitesini etkileyerek toplamda beş ölçüt üzerinde baskın etki göstermektedir.
- Üçüncü en önemli etki ölçütü, uçağın ağırlık kapasitesidir. Bu ölçüt, alternatif ölçütler arasında sekiz kriteri etkilemektedir. Bunlar; uçağın yakıt tüketimi, menzili, maksimum kalkış ağırlığı, ulaşabileceği maksimum hız, dünyadaki filo durumu, hava yolu işletmesinin filosunda benzer uçakların bulunup bulunmadığı, kullanım süresi ve uçağın maliyetidir.
- Dördüncü en önemli etki ölçütü, hava yolu işletmesinin tercihiyle ilgili bir durum olan kargo uçağının yolcu uçağından dönüştürülmüş olmasıdır. Bu ölçüt, toplamda iki alternatif ölçüt üzerinde baskın etkiye sahiptir; söz konusu ölçütler, dünyadaki diğer hava yolu işletmelerinin filo kompozisyonu ve hava yolu işletmesinin kendi filo yapısıdır.
- Beşinci en önemli ölçüt, uçağın fiyatıdır. Bu ölçüt, altı alternatif ölçüt üzerinde baskın etkiye sahiptir. Etkilenen ölçütler; uçağın yaşı, yakıt tüketimi, menzili, kullanım süresi, dünyadaki filo durumu ve hava yolu işletmesinin filosudur.
- Altıncı en önemli etki ölçütü, kargo kompartımanının hacim kısıtı olarak belirlenmiştir. Bu ölçüt, beş farklı alternatif ölçütü etkilemektedir. Etkilenen ölçütler; uçağın maksimum kalkış ağırlığı, dünyadaki filo durumu, hava yolundaki filo durumu, kargo kompartımanının ağırlık kısıtı ve uçağın işletme maliyetidir.
- Yedinci en önemli etki ölçütü, uçağın maksimum kalkış ağırlığıdır. Bu kriter, baskın düzeyde dört alternatif ölçütü etkilemektedir. Etkilenen ölçütler; aynı tipteki uçakların filoda bulunup bulunmadığı, uçağın kaç yıl boyunca filoda kalacağı, kargo kompartımanının hacmi ve ağırlık kapasitesidir.
- Sekizinci ve son önemli etki ölçütü, uçağın hızıdır. Bu ölçüt, baskın olarak iki kriteri etkilemektedir: uçağın yakıt tüketimi ve filoda uçağın bulunup bulunmadığı durumu.

Tablo 8'de, DEMATEL yöntemiyle hesaplanan ölçütlerin alternatif kriterlerle olan ilişki düzeyi (D+R) gösterilmiştir. Bu bağlamda, diğer ölçütlerle en fazla karşılıklı ilişki oluşturan ölçüt, filoda aynı uçak tipine sahip olmadır. Bu ölçütü sırasıyla; tercih edilecek uçağın dünyadaki filo durumu, uçağın fiyatı, yakıt tüketimi, ağırlık kapasitesi, işletme maliyeti, yaşı, kaç yıl süre ile operasyonda kalacağı, maksimum kalkış ağırlığı, kargo kompartımanının hacim kapasitesi, menzili, maksimum hızı, kargo kapısının burnunda olması, kargo kapısının kuyrukta olması ve yolcu uçağından dönüştürülmüş olma ölçütleri takip etmektedir. Bu bulgular hava lojistiği operatörünün küresel tedarik zincirlerine faaliyetlerinde esnek bir şekilde entegre olduğunu göstermektedir.

Tablo 7'de her bir kriter için hesaplanan önem düzeyi değerlerinin yüksek olması, ilgili kriterlerin sistem içerisindeki toplam etkileşim düzeyinin ve göreli öneminin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Tablo 8'de elde edilen ilişki düzeyi değerlerinin önem düzeyi bulgularıyla uyumlu bir yapı sergilemesi, öne çıkan kriterlerin aynı zamanda sistem içerisindeki nedensel ilişkiler bakımından da belirgin bir rol üstlendiğini göstermektedir. Bu durum, DEMATEL analizinden elde edilen bulgularda kriterlerin önem sıralamaları ile aralarındaki neden-sonuç ilişkilerinin birbiriyle uyumlu olduğunu ve birbirini destekleyen tutarlı bir yapı ortaya koyduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, tarifesiz havacılık lojistiği kapsamında kargo uçağı seçiminde kullanılan kriterler DEMATEL yöntemi ile analiz edilmiştir. Havacılık lojistiği bağlamında tarifesiz hava yolu operatörü için uçak seçim kriterleri; etkileyen (neden) ve etkilenen (sonuç) olarak iki gruba ayrılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre uçağın burnunun kargo kapısı olarak açılması, kargo kapısının kuyruğunda olması, ağırlık kapasitesi, yolcu uçağından dönüştürülmüş olması, fiyatı, kargo kompartmanının hacmi, maksimum kalkış ağırlığı ve maksimum hızı gibi başlıca ölçütlerin diğer kriterler üzerinde direkt etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte tarifesiz hava yolu operatörünün filosunda yer alan ve küresel ölçekte yaygın olarak kullanılan uçak tiplerinin, diğer kriterlerle daha yoğun karşılıklı

etkileşim içerisinde olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular operatörün operasyonel maliyet yapısı ve filo planlama stratejileri ile doğrudan ilişkili olup uçak seçim sürecinde söz konusu kriterlerin stratejik önemini ortaya koymaktadır.

Diğer taraftan ilişki düzeyi ve öncelik düzeyi değerlendirmelerine göre tarifesiz hava yolu operatörünün filosunda bulunan ve küresel ölçekte yaygın olarak kullanılan uçak tiplerine uyumun ilk iki sırada yer alması, operatörün hem içsel filo yapısı hem de küresel havacılık lojistiği ve havacılık tedarik zinciriyle yüksek düzeyde uyum sağlama eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum operatörün küresel tedarik zincirine esnek entegrasyon yoluyla uyumlu bir konumlanma elde etmeyi ve tedarik zinciri değerinden pay almayı hedeflediğine işaret etmektedir. Ayrıca hava yolu işletmesinin iş modeli ve konumlanma stratejisi ile tedarik zinciri stratejisi arasında uyum yakalama çabasının güçlü biçimde benimsendiğini kriterlere ait sonuçlar göstermektedir. Bu bulgu çalışmanın havacılık tedarik zinciri yönetimi ve havacılık lojistiği yönetimi literatürüne sağladığı en önemli katkılardan biri olması nedeniyle kritik düzeyde önem taşımaktadır.

Literatürde yolcu uçağı seçimi literatüründe birçok çalışma bulunmasına rağmen tarifesiz havacılık lojistiği için kargo uçağı seçiminde kriterler konusunda net bir fikir birliği hala bulunmamaktadır. Bu çalışma, söz konusu sınırlılığa katkı sağlaması ve hava yolu işletmelerine ile araştırmacılara seçim kriterleri konusunda rehberlik etme noktasında yardımcı olacaktır. Özellikle elde edilen bulgulara göre uçak seçim kriterleri arasında hiyerarşik bir düzen olduğu, bazı kriterlerin diğerlerini yüksek düzeyde etkilediği ve bazı kriterlerin kriterler arasında yoğun ilişkiler kurduğu gözlemlenmiştir. Kriterlerin sayısı ve ağırlıkları, hava yolunun pazardaki stratejik iş modeline ve konumlanma stratejisine ve içinde bulunduğu havacılık tedarik zinciriyle küresel tedarik zincirlerine bağlı olarak değişebildiğini de göstermektedir.

DEMATEL yöntemi analizinde elde edilen bulgular, kriterlerin önem düzeyleri ile karşılıklı ilişki değerleri arasında tutarlı bir yapı bulunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle ağırlık bakımından daha önemli olduğu belirlenen kriterlerin, diğer kriterlerle daha güçlü etkileşim içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yöntemin hem nitel hem de nicel değerlendirmelerde uçak seçim sürecinde güvenilir biçimde kullanılabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla elde edilen sonuçlar, çalışmanın metodolojik tutarlılığını ve güvenilirliğini desteklemektedir.

Bu çalışma, havacılık lojistiği faaliyetlerinde bulunan hava yolu işletmelerinin kargo uçağı seçiminde dikkate aldığı kriterleri belirlemesi ve bu kriterler arasındaki ilişkilerin yönünü ortaya koyması bakımından lojistik ve tedarik zinciri yönetimi literatürüne katkı sunmaktadır. Ayrıca çalışma, kargo uçağı seçim kriterleri arasındaki karşılıklı ilişkileri analiz eden özgün araştırmalardan biri olarak hem araştırmacılar hem de havacılık lojistiği hizmet sağlayıcıları açısından karar verme süreçlerine yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır.

Uçak seçimi konusunda havacılık lojistiği paydaşlarına öncelikle operatörlere işletme modeliyle konumlanma stratejileri bağlamında bazı öneriler sunulmaktadır. Özellikle havacılık lojistiği bağlamında iş modeli olarak tarifesiz hava kargo faaliyetleri yürüten operatörlerin konumlanma stratejisi rekabet odaklı farklılaşma temelli olması durumunda filo oluşturma sürecinde özellikle menzil, hız, hacim kapasitesi, ağırlık kapasitesi, maksimum kalkış ağırlığı ile kargo kapısının uçağın burnunda veya kuyruğunda bulunması gibi operasyonel esneklik ve hizmet kabiliyetini artıran kriterleri dikkate alması önerilmektedir. Pazardaki konumlanma stratejisinin düşük maliyet odaklı olması durumunda ise uçak fiyatı, yakıt tüketimi, operasyon ve bakım maliyeti, servisteki uçak sayısı, dünyadaki filo durumu ve dönüşüm olup olmaması gibi maliyet etkinliği sağlayan kriterler ön plana çıkacaktır. Diğer taraftan, odaklanma stratejisi ile pazarda konumlanacak tarifesiz hava yolu işletmeleri ise belirli bir müşteri segmenti veya operasyon türüne bağlı olarak uçak yaşı, menzil, hacim kapasitesi, ağırlık kapasitesi ve serviste kalacağı yıl gibi operasyonun niteliğine uygun kriterleri değerlendirebilir. Ayrıca işletme modelleri ve konumlanma stratejileri ile tedarik zinciri stratejilerine uyum sağlamak için küresel düzeyde lojistik faaliyetlerin sağladığı malzeme akışındaki tedarik zinciri yöneticileri ile performansa dayalı havacılık lojistiği sözleşmeleri üzerine standart antlaşma gerçekleştirmeleri önerilmektedir.

Araştırmacılar, elde edilen bulgulardan hareketle uluslararası literatürü de kapsayacak şekilde tedarik zinciri yönetimi bağlamında entegre havacılık lojistik servis sağlayıcılarına odaklanmalı; küresel ölçekte iş birliği ve entegrasyon temelli çalışmalara yoğunluk vererek lojistiğin "lüksü" olarak kabul edilen bu alanın belirsiz ve yeterince araştırılmamış yönlerini aydınlatmalıdır.

ETİK BEYAN & GENEL AÇIKLAMALAR

Bu makale araştırma ve yayın etiği standartlarını karşılamaktadır.

YAPAY ZEKÂ KULLANIM BEYANI

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde yapay zekâ, yalnızca dil bilgisi, yazım, noktalama ve/veya dilsel akıcılığın iyileştirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Yapay zekâ çalışmanın bilimsel içeriğinin oluşturulması amacıyla kullanılmamıştır. Yapay zekâ tarafından önerilen tüm düzenlemeler yazar(lar) tarafından gözden geçirilmiş ve doğrulanmıştır.

YAZARLARIN KATKILARI

Fikir/Kavram: T. Altınkurt; Tasarım: T. Altınkurt; Veri Toplama/İşleme: T. Altınkurt; Analiz/Yorum: T. Altınkurt, F. Merdivenci ve R. Erturgut. Tüm yazarlar makalenin son halini okumuş ve onaylamıştır.

FON

Söz konusu değildir.

VERİ VE MALZEME MÜSAİTLİĞİ

Söz konusu değildir.

ÇIKAR ÇATIŞMALARI

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmalarının bulunmadığını belirtmektedir.

KAYNAKÇA

Aghazadeh, D. (2025). Machine learning for sustainable aviation logistics. *Advances in Aerospace Engineering* içinde (s. 174–203). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781003370659

Akyurt, İ. Z., & Kabadayı, N. (2020). Bulanık AHP ve bulanık gri ilişkiler analizi yöntemleri ile kargo uçak tipi seçimi: bir Türk havayolu firmasında uygulama. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi, 15*(57), s. 38-55. https://doi.org/10.19168/jyasar.609416

Aksakal, E., & Dağdeviren, M. (2010). ANP ve DEMATEL yöntemleri ile personel seçimi problemine bütünleşik bir yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25*(4), s. 905-913. https://izlik.org/JA75ME94UE

Ardil, C. (2020). Aircraft selection process using preference analysis for reference ideal solution (PARIS). *International Journal of Aerospace and Mechanical Engineering, 14*(3), s. 76–84.

Ardil, C. (2021). Freighter aircraft selection using entropic programming for multiple criteria decision making analysis. *International Journal of Mathematical and Computational Sciences, 15(*12), s. 125-132.

Bağcı, B., & Kartal, M. (2024). A combined multi criteria model for aircraft selection problem in airlines. *Journal of Air Transport Management, 121*, s. 1-8. https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2024.102566

Başol, S. (2019). Servet Başol. https://servetbasol.com/ adresinden alındı

Bruno, G., Esposito, E., & Genovese, A. (2015). A model for aircraft evaluation to support strategic decisions. *Expert Systems with Applications, 42*(13), s. 5580–5590. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.054

Chen, J. (2024). Modeling and simulation analysis of optimal layout scheme of aviation logistics park based on genetic algorithm. *Advanced Control for Applications: Engineering and Industrial Systems, 6*(4), s. 1-13. https://doi.org/10.1002/adc2.200

Corps, U. M. (2002). *Aviation Logistics*. United States Marine Corps. https://www.marines.mil/Portals/1/Publications/MCWP%203-21.2%20Aviation%20Logistics.pdf adresinden alındı.

Dožić, S., & Kalić, M. (2014). An AHP approach to aircraft selection process. *Transportation Research Procedia, 3*, s. 165–174. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.102

Dožić, S., & Kalić, M. (2016). Aircraft type selection problem: Application of different MCDM methods. In: *Advanced Concepts, Methodologies and Technologies for Transportation and Logistics, 572*. s. 156-175. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57105-8_7

Dožić, S., Lutovac, T., & Kalić, M. (2018). Fuzzy AHP approach to passenger aircraft type selection. *Journal of Air Transport Management, 68*, s. 165–175. https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2017.08.003

Erturgut, R. (2016). *Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi* (1. baskı). Nobel Akademik Yayıncılık.

Gomes, L. F. A. M., de Mattos Fernandes, J. E., & de Mello, J. C. C. S. (2014). A fuzzy stochastic approach to the multicriteria selection of an aircraft for regional chartering. *Journal of Advanced Transportation, 48*(3), s. 223–237. https://doi.org/10.1002/atr.206

Han, F. (2023). Civil aviation logistics transportation route optimization algorithm based on A* algorithm. In: *International Conference on Frontier Computing*, *1, 1131,* s. 173–179. Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-9299-7_24

Han, Y., & Deng, Y. (2018). An enhanced fuzzy evidential DEMATEL method with its application to identify critical success factors. *Soft Computing, 22*(15), s. 5073–5090. https://doi.org/10.1007/s00500-018-3311-x

Hryhorak, M., & Šimák, L. (2020). Using the concept of supply chain management in aviation logistics. *Logistics and Transport,* s. 59–68.

International Air Transport Association. (2018). *International Air Transport Association Annual Review 2018*. https://www.iata.org/publications/Documents/iata-annual-review-2018.pdf adresinden alındı.

International Air Transport Association. (2019). *International Air Transport Association Annual Review 2019*. https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2019.pdf adresinden alındı.

Isaienko, V., Hryhorak, M., Bugayko, D., & Zamiar, Z. (2020). Ecosystem approach to the formation of goods express delivery supply chains in aviation logistics. *Logistics and Transport, 45*(1–2), s. 19-42. https://doi.org/10.26411/83-1734-2015-1-45-2-20

Jiao, Z. (2024). Analysis of the current situation and problems of China's aviation logistics development. L. Wang, X. Wu, X. Jiang, J. Xiao, B. Liu, & Y. Gong (Dü) içinde, *Contemporary logistics in China: Path to modernization and regional collaboration* (s. 217–238). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-97-6839-4_9

Kabadayı, N., & Dağ, S. (2019). DEMATEL ve Electre yöntemiyle tedarik zincirlerinde bayi performans değerlendirmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26*(1), s. 241–253. https://doi.org/10.5505/pajes.2019.39214

Kenzhevayeva, Z., Katayeva, A., Kaikenova, K., Sarsembayeva, A., Babai, M. Z., Tsakalerou, M., & Papadopoulos, C. T. (2021). Inventory control models for spare parts in aviation logistics. *Procedia Manufacturing, 55*, s. 507–512. Elsevier. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.10.069

Kiracı, K., & Bakır, M. (2018). Hava aracı seçim problemlerinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması ve bir uygulama. *Journal of Transportation and Logistics, 3*(1), s.13–24. https://doi.org/10.26650/JTL.2018.03.01.02

Kiracı, K., & Akan, E. (2020). Aircraft selection by applying AHP and TOPSIS in interval type-2 fuzzy sets. *Journal of Air Transport Management, 89*, s. 1-16. https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2020.101924

Kütahya, C. K. (2026). Digitally enabled airbase readiness and strategic airlift planning for humanitarian crises through aviation logistics transformation. E. Akkartal & F. Mızrak (Dü) içinde, *Reshaping humanitarian logistics with AI, predictive analytics, and autonomous systems* (s. 273–302). IGI Global Scientific Publishing. https://doi.org/10.4018/979-8-3373-3643-5.ch011

Li, C. W., & Tzeng, G. H. (2009). Identification of a threshold value for the DEMATEL method using the maximum mean de-entropy algorithm to find critical services provided by a semiconductor intellectual property mall. *Expert Systems with Applications, 36*(6), s. 9891–9898. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.01.073

Liang, L., & Chen, P. (2025). A simulation-based empirical study on the role of aviation logistics in driving high-quality and sustainable regional economic development: Focusing on dynamic mechanisms and key factors. *PLOS ONE, 20*(5), s. 1-25. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323110

Liu, Y. (2026). Dynamic resilience assessment of aviation logistics supply chains. *Journal of Engineering, Project, and Production Management, 16*(1), s. 1-12. https://doi.org/10.32738/JEPPM-2025-154

Lyu, S., Zhu, W., Wang, X., & Xu, L. (2019). Multiple regression analysis based on carbon emissions from aviation logistics in Henan Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 310*(5), s. 1–6. https://doi.org/10.1088/1755-1315/310/5/052029

Maywald, J. D., Reiman, A. D., Overstreet, R. E., & Johnson, A. W. (2019). Aircraft selection modeling: A multi-step heuristic to enumerate airlift alternatives. *Annals of Operations Research, 274*(1–2), s. 425–445. https://doi.org/10.1007/s10479-018-2933-9

Morgan, G., & Grabowski, M. (2025). Human machine teaming in mobile miniaturized aviation logistics systems in safety-critical settings. *Journal of Safety and Sustainability, 2*(1), s. 22–31. https://doi.org/10.1016/j.jsasus.2025.02.001

Nebol, E., Uslu, T., & Uzel, E. (2015). *Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi* (4. baskı). Beta Basım Yayın.

Özdemir, Y., Basligil, H., & Karaca, M. (2011). Aircraft selection using analytic network process: A case for Turkish Airlines. *Proceedings of the World Congress on Engineering (WCE 2011) içinde* (s. 1155–1159). http://www.iaeng.org/publication/WCE2011/WCE2011_pp1155-1159.pdf adresinden alındı.

Prabowo, L. P., & Zagloel, T. Y. M. (2022). Aircraft selection for cargo purposes in air charter company using the fuzzy AHP–TOPSIS method. *Proceedings of the 5th International Conference on Industrial & Mechanical Engineering and Operations Management (IMEOM)* içinde (s. 453–462). Dhaka, Bangladesh: IEOM Society International. https://doi.org/10.46254/BD05.20220140.

Rahman, N. A. A., Mohammad, M. F., Rahim, S. A., Hassan, R., Ahmad, M. F., & Kadir, S. A. (2017). Shipper's perceptions of aviation logistics service quality (LSQ) of air freight provider. *Journal of Engineering and Applied Sciences, 12*(3), s. 699–704.

Salazar, J. C., & Mikuriya, K. (2023). *Moving air cargo globally* (3rd ed.). International Civil Aviation Organization. https://www.icao.int/sustainability/Documents/Moving-Air-Cargo-Globally.pdf adresinden alındı.

Sales, M. (2016). *Aviation Logistics: The Dynamic Partnership of Airfreight and Supply Chain.* Kogan Page Publishers.

See, T. K., Gurnani, A., & Lewis, K. (2004). Multi-attribute decision making using hypothetical equivalents and inequivalents. *Journal of Mechanical Design, 126*(6), s. 950–958. https://doi.org/10.1115/1.1814389

Semercioğlu, H., & Özkoç, H. (2019). Analitik hiyerarşi proses ile desteklenmiş sosyal seçim teorisi: Havayollarında uçak seçim süreci. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Dergisi, 20*(44), s. 67–92. https://dergipark.org.tr/tr/pub/sobbiad/article/495297

Şen, İ. K. (2014). Lojistik faaliyetlerin yönetimi ve maliyetleme yaklaşımları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 4*(1), s. 83–106. https://dergipark.org.tr/tr/pub/ckuiibfd/article/365503

Si, S. L., You, X. Y., Liu, H. C., & Zhang, P. (2018). DEMATEL technique: A systematic review of the state of the art literature on methodologies and applications. *Mathematical Problems in Engineering, 2018,* s. 1–33. https://doi.org/10.1155/2018/3696457

Sun, Y., Geng, N., Gong, S., & Yang, Y. (2020). Research on improved genetic algorithm in path optimization of aviation logistics distribution center. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 38*(1), s. 29–37. https://doi.org/10.3233/JIFS-179377

Sun, Z. (2024). A study on the evaluation of competitiveness in the aviation logistics industry cluster in Zhengzhou. *Scientific Reports, 14*(1), s. 1–16. https://doi.org/10.1038/s41598-024-52697-x

Tanrıverdi, G., Lezki, Ş., & Doğan, Ü. (2022). Strategic decision-making for air cargo carriers on freighter type selection. *International Journal of Management Economics and Business, 18*(4), s. 1335–1350. https://doi.org/10.17130/ijmeb.1122066

Turkish Cargo. (2026, 19 Ocak). *Turkish Cargo, havacılık endüstrisine özel yeni ürünü TK Aero'yu İstanbul'da tanıttı.* https://turkishcargo.com/tr/hakkimizda/kurumsal/haberler/turkish-cargo-havacilik-endustrisine-ozel-yeni-urunu-tk-aeroyu-istanbulda-tanitti adresinden alındı.

Varma, K., & Kumar, K. S. (2012). Criteria analysis aiding portfolio selection using DEMATEL. *Procedia Engineering, 38*, s. 3649–3661. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.421

Wang, H. (2015). Study on development of aviation logistics industry in China. *Proceedings of the 3rd International Conference on Education, Management, Arts, Economics and Social Science (ICEMAESS 2015)* içinde (s. 201–204). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/icemaess-15.2016.45

Wang, L. (2025). The impact of tariffs and trade tensions on global aviation logistics: A Bayesian network risk analysis. *International Journal of Advanced AI Applications, 1*(7), 11–22.

Wang, X., & Liu, Y. (2014). Aviation logistics development research. In *2014 International Conference on Mechatronics, Electronic, Industrial and Control Engineering (MEIC 2014)* (pp. 1742–1745). https://doi.org/10.2991/meic-14.2014.382

Wensveen, J. G. (2015). *Air Transportation: A Management Perspective* (8th ed.). Ashgate Publishing.

Wu, P. J., & Yang, C. K. (2021). Sustainable development in aviation logistics: Successful drivers and business strategies. *Business Strategy and the Environment, 30*(8), s. 3763–3771. https://doi.org/10.1002/bse.2838

Wu, W. W., & Lee, Y. T. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert Systems with Applications, 32*(2), s. 499–507. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2005.12.005

Xiao, H. H., Yao, H. G., & He, F. J. (2019). Research on spatial structure of aviation logistics network in Jiangsu-Zhejiang-Shanghai based on SNA. *CICTP 2019: Transportation in China—Connecting the World* içinde (s. 90–101). American Society of Civil Engineers (ASCE). https://doi.org/10.1061/9780784482292.009

Yang, Y. (2021). Application of internet of things technology in aviation warehousing and logistics. *International Conference on Frontier Computing* içinde (s. 1443–1449). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8059-5_113

Zhao, M. (2012). Building collaboration system of air logistics service chain based on cloud computing. *2012 Second International Conference on Business Computing and Global Informatization (BCGIN)* içinde (s. 615–617). IEEE. https://doi.org/10.1109/BCGIN.2012.169