

Original article

Hava Lojistiğinin Sürdürülebilirliğinde Dijital Dönüşüm ve Yapay Zekâ Uygulamalarının Rolü

The Role of Digital Transformation and Artificial Intelligence Applications in the Sustainability of Air Logistics

Selvi Vural ^{a,*}, Gül Kuru ^a & Özlem Çimen ^a

^aDepartment of Aviation Management, School of Applied Sciences, Gümüşhane University, Gümüşhane, Türkiye

Özet

Küresel ticaretin hızlanması, zaman hassasiyetinin artması ve tedarik zincirlerinin karmaşıklaşması, hava lojistiğini çağdaş lojistik sistemler içinde stratejik açıdan kritik bir konuma taşımıştır. Bununla birlikte, çevresel baskılar, yüksek operasyonel maliyetler ve kaynak kısıtları, hava lojistiğinde sürdürülebilirliğin önemini artırmıştır. Bu bağlamda, dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamaları sürdürülebilir hava lojistiği sistemlerinin temel belirleyicileri olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı, dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarının hava lojistiğinin sürdürülebilirliğindeki rolünü nitel bir araştırma yaklaşımıyla incelemektir. Araştırma kapsamında Türkiye’de hava lojistiği ve hava kargo operasyonlarında görev yapan 19 yönetici ve çalışanla yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler tematik içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Bulgular, hava lojistiğinde sürdürülebilirliğin yalnızca çevresel boyutla sınırlı kalmayıp operasyonel verimlilik, kaynak optimizasyonu ve uzun vadeli sistem sürekliliğini kapsayan çok boyutlu bir kavram olarak algılandığını göstermektedir. Dijital dönüşüm, süreçlerin şeffaflığını ve entegrasyonunu sağlayan temel bir yapı olarak öne çıkarken; yapay zekâ uygulamaları tahminleme, optimizasyon ve karar destek süreçleriyle sürdürülebilirlik çıktılarının güçlenmesine katkı sağlamaktadır. Çalışma, hava lojistiğinde sürdürülebilirliğin dijital teknolojiler aracılığıyla nasıl operasyonelleştirildiğine dair nitel bir bakış sunarak literatüre katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hava Lojistiği, Sürdürülebilirlik, Dijital Dönüşüm, Yapay Zekâ, Nitel Araştırma

Abstract

The rapid acceleration of global trade, increasing time sensitivity, and growing complexity of supply chains have positioned air logistics as a strategically critical component of contemporary logistics systems. At the same time, environmental pressures, high operational costs, and resource constraints have intensified the need for sustainability in air logistics operations. In this context, digital transformation and artificial intelligence (AI) applications have emerged as key enablers of sustainable air logistics systems. This study aims to examine the role of digital transformation and AI applications in the sustainability of air logistics through a qualitative research approach. Semi-structured in-depth interviews were conducted with 19 managers and employees working in air logistics and air cargo operations in Türkiye. The collected data were analyzed using thematic content analysis. The findings indicate that sustainability in air logistics is perceived as a multidimensional concept encompassing environmental responsibility, operational efficiency, resource optimization, and long-term system continuity. Digital transformation was identified as a

* Corresponding author:

Selvi Vural A is an assistant professor in the department of aviation management at Gümüşhane University, Gümüşhane, Türkiye. Her research interests include aviation management, air logistics, sustainability, and digital transformation in aviation. She has lived, worked, and studied in Gümüşhane, Türkiye.
Email: gocmenselvi@gmail.com

foundational infrastructure that enhances transparency, integration, and process efficiency, while AI applications function as advanced tools that support predictive planning, optimization, and decision-making. Together, these technologies contribute to environmental, economic, and social sustainability outcomes. The study contributes to the literature by providing qualitative insights into how sustainability is operationalized through digital transformation and AI in air logistics. It also offers practical implications for managers and policymakers seeking to align technological innovation with sustainable logistics strategies.

Keywords: Air Logistics, Sustainability, Digital Transformation, Artificial Intelligence, Qualitative Research

Received: 19 January 2026 * **Accepted:** 19 March 2026 * **Published:** 30 March 2026

GİRİŞ

Küresel ticaretin hızlanması, tedarik zincirlerinin artan karmaşıklığı ve zaman hassasiyetinin giderek önem kazanması lojistik faaliyetleri stratejik bir rekabet alanına dönüştürmektedir (Spanaki vd., 2025; Fan vd., 2025). Bu dönüşüm süreci içerisinde hava lojistiği, hız, güvenilirlik ve küresel erişilebilirlik özellikleri sayesinde öne çıkan bir lojistik türü haline gelmektedir (Hongsakul ve Chuaychoo, 2024; Jurgelāne-Kaldava vd., 2025). Hava lojistiği; planlama, depolama, bilgi yönetimi, yer hizmetleri ve operasyonel koordinasyonu kapsayan bütüncül bir sistemi ifade ederken, hava kargo taşımacılığı bu sistemin temel operasyonel bileşeni olarak özellikle yük ve postanın hava yoluyla taşınmasına odaklanmaktadır (Macit, 2024; Vural, 2025). Buna bağlı olarak, hava kargo taşımacılığı hava lojistiğinin bir alt unsuru olarak değerlendirilmekte ve daha geniş kapsamlı hava lojistiği çerçevesine kıyasla daha dar bir kavramsal alanı temsil etmektedir (Hongsakul ve Chuaychoo, 2024; Kang ve Chen, 2025).

Hava lojistiğinin stratejik önemi, e-ticaret hacimlerindeki artış, küresel tedarik ağlarının genişlemesi ve acil teslimat talebinin yükselmesiyle birlikte daha belirgin bir hal almaktadır (Mohsen, 2024; Fan vd., 2025). Bununla birlikte sektör, yüksek operasyonel maliyetler, çevresel etkiler ve operasyonel riskler gibi yapısal zorluklarla da karşı karşıyadır (Eleimat ve Öszi, 2023; Kang ve Chen, 2025). Bu bağlamda sürdürülebilirlik, hava lojistiğinin uzun vadeli rekabet gücünü çevresel sorumlulukla dengeleyen temel bir çerçeve sunmaktadır (Alamandi, 2025; Vural, 2025). Sürdürülebilir hava lojistiği hem çevresel etkilerin azaltılmasını hem de operasyonel verimliliğin artırılmasını, kaynak kullanımının optimize edilmesini ve sistemin uzun vadeli sürekliliğini kapsamaktadır (Macit, 2024; Chen vd., 2024).

Dijital dönüşüm ise, bu sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada belirleyici bir rol oynamaktadır (Spanaki vd., 2025; Chai vd., 2025). Dijital dönüşüm, lojistik ve havacılık sektörlerinde iş uygulamalarını, karar alma süreçlerini ve hizmet sunum modellerini köklü biçimde yeniden şekillendiren kapsamlı bir süreci ifade etmektedir (Fan vd., 2025; Zhang vd., 2025). Bu süreç, esasında veri temelli yönetim yaklaşımlarının benimsenmesi, süreçlerin dijital olarak izlenmesi ve operasyonel

entegrasyonun güçlendirilmesi yoluyla verimliliği artırmaktadır (Jurgelāne-Kaldava vd., 2025; Li ve Wang, 2025). Bu yönüyle dijital dönüşüm, hava lojistiğinde teknolojik yenilenmenin temelini oluşturan kapsayıcı ve kurucu bir unsur olarak işlev görmektedir (Oncioiu vd., 2025; Spanaki vd., 2025).

Dijital dönüşümün daha özelleşmiş ve ileri bir bileşeni olarak yapay zekâ uygulamaları, hava lojistiği ve hava kargo operasyonlarında katma değer yaratan kritik araçlar olarak öne çıkmaktadır (Chen vd., 2024; Adesoga vd., 2024; Khmara, 2025). Yapay zekâ, büyük veri analitiği, kestirimci bakım, talep tahmini, rota optimizasyonu ve risk yönetimi gibi alanlarda insani karar alma süreçlerini destekleyerek operasyonel hataları azaltmakta ve süreç öngörülebilirliğini büyük ölçüde artırmaktadır (Ziakkas vd., 2025; Nweje ve Taiwo, 2025; Zhang vd., 2025). Bu sayede hava lojistiğinde hız, güvenlik ve maliyet etkinliği sağlarken, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik de daha rasyonel kararlar alınabilmektedir (Chen vd., 2024; Mohsen, 2024; Kang ve Chen, 2025).

Genelden özele bir bakış açısıyla dijital dönüşüm, hava lojistiği için yapısal ve stratejik bir çerçeve sunarken öte yandan yapay zekâ, bu çerçevenin uygulama düzeyinde somut çıktılar üreten en önemli bileşenlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Oncioiu vd., 2025; Spanaki vd., 2025). Bilhassa otonom sistemler, akıllı karar destek mekanizmaları ve veri temelli planlama araçları, sürdürülebilir hava lojistiği hedeflerine ulaşmada kritik bir rol oynamaktadır (Mohsen, 2024; Ye vd., 2025; Li ve Wang, 2025). Bu bağlamda kavramsal çerçeve, hava lojistiğinin sürdürülebilirlik gereklilikleri, dijital dönüşümün kapsamlı dönüştürücü etkisi ve yapay zekâ uygulamalarının operasyonel düzeydeki katkıları arasındaki ilişkiyi benzer nitelikteki araştırmalarla birlikte bütüncül bir perspektifle ele almaktadır (Chen vd., 2024; Vural, 2025). Mevcut çalışma, genelden özele ilerleyen kuramsal bir yapı içerisinde dijital dönüşüm ve yapay zekânın hava lojistiğinin sürdürülebilirliğindeki rolünü değerlendirmeyi amaçlamaktadır (Macit, 2024; Hongsakul ve Chuaychoo, 2024; Oncioiu vd., 2025).

Bu çalışma, hava lojistiğinin sürdürülebilirliği bağlamında dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarının rolünü daha derinlemesine anlamaya yönelik bir araştırma motivasyonundan doğmuştur. Küresel ölçekte hava lojistiği, hız ve zaman hassasiyeti açısından kritik bir lojistik mod olmasına rağmen yüksek enerji tüketimi, karbon emisyonları ve operasyonel maliyetler nedeniyle sürdürülebilirlik tartışmalarının da merkezinde yer almaktadır (Kang ve Chen, 2025; Vural, 2025). Mevcut literatürde hava lojistiğinde sürdürülebilirliğe ilişkin çalışmaların büyük ölçüde çevresel performans göstergeleri, karbon emisyonları veya operasyonel verimlilik gibi nicel ölçütlere odaklandığı görülmektedir (Chen vd., 2024; Wandelt ve Zheng, 2024). Bununla birlikte, dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarının sürdürülebilir hava lojistiği sistemleri üzerindeki etkilerini uygulayıcıların deneyim ve algıları üzerinden inceleyen nitel çalışmaların sınırlı olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum, teknolojik dönüşümün sektörde nasıl algılandığı, nasıl uygulandığı ve sürdürülebilirlik hedefleriyle nasıl bütünleştiği konularında önemli bir araştırma boşluğu oluşturmaktadır.

Hava lojistiğinde sürdürülebilirliğin çevresel etkilerin azaltılmasıyla sınırlı olmadığı, dahası operasyonel verimlilik, kaynak optimizasyonu ve uzun vadeli sistem dayanıklılığı gibi çok boyutlu unsurları da kapsadığı görülmektedir. Bu bağlamda dijital dönüşüm, veri temelli yönetim, süreç şeffaflığı ve sistem entegrasyonu yoluyla sürdürülebilir lojistik sistemlerinin altyapısını oluştururken yapay zekâ uygulamaları da tahminleme, optimizasyon ve karar destek mekanizmaları aracılığıyla bu dönüşümü operasyonel düzeyde güçlendirmektedir (Oncioiu vd., 2025; Spanaki vd., 2025). Ancak literatürde bu iki teknolojik unsurun hava lojistiğinde sürdürülebilirlik bağlamında birlikte ve bütüncül bir perspektifle ele alındığı çalışmaların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir.

Mevcut çalışma, söz konusu literatür boşluğunu gidermeyi amaçlayarak dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarının hava lojistiğinin sürdürülebilirliğine nasıl katkı sağladığını sektör profesyonellerinin deneyimleri ve algıları üzerinden incelemektedir. Bu yönüyle araştırma, hava lojistiği bağlamında dijital teknolojilerin sürdürülebilirlik süreçlerini nasıl şekillendirdiğine ilişkin nitel bir bakış açısı sunarak mevcut literatüre kavramsal ve uygulamaya yönelik katkı sağlamayı hedeflemektedir.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Küresel lojistik sistemlerinde sürdürülebilirlik esasında çevresel performansın iyileştirilmesiyle sınırlı olmayan, öte yandan operasyonel verimlilik, kaynak yönetimi ve örgütsel dayanıklılığı kapsayan çok boyutlu bir kavramdır (Vural, 2025). Hava lojistiği ise yüksek hız, küresel bağlantı ve zaman hassasiyeti gerektiren yapısı nedeniyle bu dönüşümden en fazla etkilenen lojistik türlerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Kang ve Chen, 2025). Bu bağlamda dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamaları, hava lojistiği sistemlerinin daha sürdürülebilir, esnek ve verimli hale gelmesini sağlayan stratejik teknolojik unsurlar olarak değerlendirilmektedir (Stroumpoulis ve Kopanaki, 2025). Ancak bu teknolojik dönüşümün örgütsel süreçler üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için güçlü bir kuramsal temele ihtiyaç bulunmaktadır. Bu çalışma, dijital dönüşüm ve yapay zekânın hava lojistiğinin sürdürülebilirliğine katkısını açıklamak amacıyla Dinamik Yetenekler Teorisi (Gao vd., 2025) ve Kaynak Orkestrasyonu Teorisi (Soleymanzadeh ve Hajipour, 2025) perspektiflerinden yararlanmaktadır.

Dinamik Yetenekler Teorisi, örgütlerin hızla değişen çevresel koşullara uyum sağlayabilmek için mevcut kaynaklarını yeniden yapılandırma, entegre etme ve dönüştürme kapasitesine sahip olmaları gerektiğini savunmaktadır. Bu teoriye göre sürdürülebilir rekabet avantajı hem mevcut kaynaklara sahip olmakla hem de bu kaynakları değişen çevresel koşullara göre yeniden yapılandırabilme yeteneğiyle mümkün olmaktadır (Kowalski vd., 2025). Dijital dönüşüm ve yapay zekâ teknolojileri, hava lojistiği işletmelerinin veri temelli karar alma, süreç optimizasyonu ve operasyonel esneklik gibi dinamik yeteneklerini güçlendiren kritik araçlar olarak değerlendirilmektedir (Chen vd., 2024). Bilhassa talep tahmini, rota optimizasyonu, kestirimci bakım ve operasyonel veri analitiği gibi yapay zekâ destekli uygulamalar, hava lojistiği işletmelerinin değişken talep yapısı ve operasyonel belirsizliklerle daha etkin

şekilde başa çıkmasına olanak tanımaktadır (Spanaki vd., 2025). Bu yönüyle dijital teknolojiler, işletmelerin çevresel ve operasyonel değişimlere hızlı uyum sağlamasını destekleyerek sürdürülebilir lojistik sistemlerinin gelişimine katkıda bulunmaktadır (Fatorachian vd., 2025).

Kaynak Orkestrasyonu Teorisi ise örgütlerin sahip oldukları kaynakları nasıl yapılandırdıkları, entegre ettikleri ve yönettikleri üzerine odaklanmaktadır (Khayyam vd., 2025). Bir diğer ifadeyle, rekabet avantajı elde etmenin yolu kaynaklara sahip olmaktan ziyade onların stratejik biçimde koordine edilmesi ve etkin şekilde kullanılmasıyla mümkündür (Anzivino vd., 2025). Hava lojistiği bağlamında dijital dönüşüm ve yapay zekâ teknolojileri, veri, altyapı, insan kaynağı ve operasyonel süreçler arasında daha güçlü bir entegrasyon kurarak kaynakların daha etkin biçimde kullanılmasına olanak tanımaktadır (Hongsakul vd., 2025). Dijital platformlar da gerçek zamanlı veri paylaşımı ve operasyonel görünürlük sağlayarak lojistik süreçlerin daha şeffaf ve koordineli bir şekilde yürütülmesini mümkün kılmaktadır (Oncioiu vd., 2025). Aynı zamanda yapay zekâ destekli karar destek sistemleri, kaynak tahsisi ve kapasite planlaması süreçlerinde yöneticilere daha doğru ve hızlı kararlar alma imkânı sunmaktadır. Bu durum, hava lojistiği işletmelerinin kaynaklarını daha verimli kullanmalarına ve sürdürülebilirlik hedeflerine daha etkin şekilde ulaşmalarına katkı sağlamaktadır (Fatorachian vd., 2025).

Dinamik Yetenekler Teorisi (Gao vd., 2025) ve Kaynak Orkestrasyonu Teorisi (Soleymanzadeh ve Hajipour, 2025) birlikte ele alındığında, dijital dönüşüm ve yapay zekâ teknolojilerinin hava lojistiğinde sürdürülebilirliği destekleyen tamamlayıcı mekanizmalar oluşturduğu görülmektedir. Dinamik yetenekler işletmelerin değişen koşullara uyum sağlayarak yeni teknolojileri benimsemelerine olanak tanıırken (Kowalski vd., 2025), kaynak orkestrasyonu bu teknolojilerin örgütsel kaynaklarla bütünleştirilmesini ve stratejik biçimde kullanılmasını mümkün kılmaktadır (Khayyam vd., 2025). Bu kuramsal perspektif, dijital dönüşüm ve yapay zekânın hava lojistiği operasyonlarında sürdürülebilirlik çıktılarının nasıl ortaya çıktığını açıklamak için bütüncül bir analitik çerçeve sunmaktadır. Bu doğrultuda mevcut çalışma, hava lojistiğinde dijital teknolojilerin sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini uygulayıcı deneyimleri üzerinden inceleyerek söz konusu teorik yaklaşımları nitel bir araştırma bağlamında değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu çalışma, hava lojistiğinin sürdürülebilirliğinde dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarının rolünü incelemek amacıyla nitel araştırma desenini benimsemektedir. Araştırma, sektör yöneticileri ve çalışanlarının deneyim, algı ve gözlemlerini görüşmeler yoluyla inceleyerek, dijital dönüşüm ve yapay zekânın hava lojistiğinde sürdürülebilirlik süreçlerini nasıl şekillendirdiğine ilişkin derinlemesine bir anlayış elde etmeyi amaçlamaktadır. Nitel araştırma, bireylerin bir olguya bilhassa sosyal ve örgütsel bağlamlar içerisinde yükledikleri anlamları ortaya koymaya yöneliktir (Lim, 2025). Bu doğrultuda, çalışma sadece doğrudan gözlem veya nicel performans göstergelerine dayanmak yerine, katılımcıların yaşantıları ve algıları üzerinden sürdürülebilirliğe ilişkin süreçleri inceleyerek zengin ve ayrıntılı

içgörüler elde etmeyi hedeflemektedir (Jayarathna vd., 2024). Bu nitel yaklaşım aracılığıyla araştırma sorularına verilen yanıtlar, katılımcı deneyim ve algılarına dayalı tematik analiz yoluyla yorumlanabilmektedir (Christou, 2022). Araştırma amacı doğrultusunda aşağıdaki görüşme sorularına yanıt aranmaktadır:

1. Hava lojistiğinde sürdürülebilirlik kavramını nasıl tanımlıyorsunuz?
2. Kurumunuzda dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamaları hangi alanlarda kullanılmaktadır?
3. Bu uygulamaların çevresel, ekonomik, sosyal ve operasyonel sürdürülebilirlik süreçlerine katkıları nelerdir?
4. Dijitalleşme ve yapay zekâ uygulamalarının benimsenmesinde ne tür zorluklarla karşılaşmaktadır?
5. Hava lojistiği operasyonlarında sürdürülebilirlik hedefleri ile dijital dönüşüm arasındaki ilişki nasıl algılanmaktadır?

Araştırmanın evrenini Türkiye’de faaliyet gösteren hava lojistiği işletmeleri oluşturmaktadır. Örneklem, amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilmiş olup (Huy ve Phuc, 2025) dijital dönüşüm ve sürdürülebilirlik süreçleri hakkında bilgi ve deneyime sahip yöneticiler ile çalışanları (örneğin operasyon yöneticileri ve uzmanlar) kapsamaktadır. Nitel araştırmalarda örneklem büyüklüğü genellikle veri doygunluğuna göre belirlenmekte ve çoğunlukla bu büyüklük 15–25 katılımcı arasında değişebilmektedir (Braun ve Clarke, 2021). Bu çalışmada, yüz yüze görüşme gerçekleştirilen 19 katılımcı bulunmaktadır. Her bir görüşme 40–60 dakika aralığında sürmüştür, tüm katılımcılardan yazılı bilgilendirilmiş onam alınmış, görüşmelerin sadece mevcut araştırma amacıyla kullanılacağı ve kişisel bilgilerin gizli tutulacağı kendilerine bildirilmiştir.

Bu çalışmada veri toplama sürecine hem yöneticilerin hem de operasyonel çalışanların dahil edilmesinin temel nedeni, dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarının hava lojistiği işletmelerinde gerek stratejik karar düzeyinde gerekse de operasyonel süreçlerde doğrudan uygulanıyor olmasıdır. Yöneticiler genellikle dijital dönüşüm stratejilerinin planlanması ve kurumsal entegrasyonundan sorumlu iken, operasyonel çalışanlar bu teknolojilerin günlük operasyonlarda uygulanması ve iş süreçlerine entegrasyonu aşamasında aktif rol oynamaktadır. Bu nedenle çalışanlar, dijital sistemlerin operasyonel verimlilik, süreç yönetimi ve sürdürülebilirlik uygulamaları üzerindeki etkilerini doğrudan deneyimleyen aktörler olarak araştırma açısından önemli bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır. Bu yaklaşım, stratejik karar vericilerin perspektifi ile operasyonel uygulayıcıların deneyimlerini birlikte değerlendirilerek daha bütüncül bir analiz yapılmasına olanak sağlamaktadır.

Katılımcılar, Türkiye’de hava lojistiği ve hava kargo operasyonlarında faaliyet gösteren farklı ölçeklerdeki lojistik ve havacılık işletmelerinde görev yapmaktadır. Bu işletmeler ağırlıklı olarak İstanbul, Ankara ve İzmir gibi hava kargo operasyonlarının yoğunlaştığı büyük lojistik merkezlerinde

faaliyet göstermektedir. Katılımcıların görev yaptıkları kuruluşlar ise uluslararası hava kargo taşımacılığı, lojistik hizmetleri ve hava lojistiği operasyon yönetimi alanlarında faaliyet gösteren orta ve büyük ölçekli işletmelerden oluşmaktadır. Bu işletmelerin çoğu yüzün üzerinde çalışanı bulunan ve uluslararası lojistik ağlarıyla entegre çalışan kurumsal yapılara sahiptir. Araştırmada şirket isimleri ve finansal veriler gizlilik ilkeleri doğrultusunda paylaşılmamış olup katılımcılar anonimleştirilerek kodlanmıştır.

Araştırmada veri toplama yöntemi olarak yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşmelerden yararlanılmaktadır. Bu teknik, araştırmacının hem önceden belirlenmiş soruları hem de görüşme sürecinde ortaya çıkan yeni temaları keşfedilmesine olanak tanımaktadır (Chand, 2025). Görüşme soruları, literatüre bağlı olarak dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarının hava lojistiğinin sürdürülebilirlik süreçlerindeki rolünü anlamaya yönelik olarak tasarlanmıştır. Araştırmada yapay zekâ entegrasyonu doğrudan nicel performans göstergeleriyle ölçülmemiş, katılımcıların deneyimleri ve algıları üzerinden değerlendirilmiştir. Bu kapsamda görüşme sorularında katılımcılara kurumlarında kullanılan dijital sistemler, sürdürülebilirlik uygulamaları, veri analitiği uygulamaları, yapay zekâ destekli planlama araçları ve otomasyon sistemleri hakkında sorular yöneltilmiştir.

Bilhassa talep tahmini, kapasite planlaması, rota optimizasyonu, veri analitiği ve karar destek sistemleri gibi uygulamalar yapay zekâ kullanımına ilişkin göstergeler olarak değerlendirilmiştir. Katılımcıların bu teknolojilerin operasyonel süreçlere entegrasyonuna ilişkin deneyimleri tematik analiz sürecinde ayrı bir tema olarak ele alınmıştır. Tüm görüşmeler katılımcı izni dahilinde ses kaydına alınmış ve ardından kelimesi kelimesine yazıya dökülmüştür. Ses kaydı, büyük ölçüde veri doğruluğunu artırmakta, ayrıntıların kapsamlı biçimde belgelenmesini sağlamakta ve analiz güvenilirliğini güçlendirmektedir (De Azinheira Reguenga vd., 2025).

Toplanan veriler içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Araştırmada içerik analizi süreci sistematik bir kodlama yaklaşımı izlenerek gerçekleştirilmiştir. Analizin ilk aşamasında görüşme kayıtları kelimesi kelimesine yazıya dökülmüş ve araştırmacı tarafından tekrar tekrar okunarak veriye aşinalık sağlanmıştır. İkinci aşamada metinlerde yer alan anlamlı ifade birimleri belirlenmiş ve açık kodlama yöntemi kullanılarak ilk kodlar oluşturulmuştur. Üçüncü aşamada benzer içerik taşıyan kodlar bir araya getirilerek kavramsal kategoriler oluşturulmuş ve ardından bu kategoriler daha üst düzey temalar altında yapılandırılmıştır. Kodlama süreci, iteratif bir yaklaşımla yürütülmüş ve analiz boyunca kodlar, kategoriler ve temalar arasında sürekli karşılaştırma yapılmıştır. Bu süreç sonucunda hava lojistiğinde dijital dönüşüm, yapay zekâ ve sürdürülebilirlik ilişkisini açıklayan temel temalar ortaya çıkarılmıştır.

Transkripsiyonların ardından öncelikle görüşme metinleri kodlanmış, ardından katılımcı ifadelerine dayalı olarak temalar altında sınıflandırılmış ve analiz süreci NVivo yazılımı kullanılarak yürütülmüştür. NVivo yazılımı, görüşme metinlerinin sistematik biçimde kodlanmasını, benzer

ifadelerin gruplandırılmasını ve kodlar arasındaki ilişkilerin görselleştirilmesini kolaylaştırarak içerik analizinin daha şeffaf ve izlenebilir biçimde yürütülmesine katkı sağlamıştır. İçerik analizi ise, nitel verilerde gömülü anlamların sistematik biçimde tanımlanmasına ve yorumlanmasına olanak tanımaktadır (Pregoner, 2024). Analiz süreci; hava lojistiğinin sürdürülebilirliğinde dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarının rolünü çevresel, ekonomik sosyal ve operasyonel boyutlarıyla birlikte ele alan temalar altında yapılandırılmıştır. Bu yaklaşımın literatüre kavramsal katkı sağlamasının yanı sıra sektörel uygulamalara yönelik pratik çıkarımlar sunması beklenmektedir.

Çalışmanın geçerlilik ve güvenilirliği nitel araştırmalarda yaygın olarak kullanılan veri üçgenlemesi, katılımcı doğrulaması ve uzman incelemesi teknikleriyle desteklenmiştir (Masuwai vd., 2025). Veri üçgenlemesi kapsamında farklı görev pozisyonlarında bulunan katılımcılardan (yönetici ve operasyonel çalışanlar) veri toplanarak farklı bakış açılarının karşılaştırılmasına olanak sağlanmıştır. Katılımcı doğrulaması sürecinde ise görüşme transkripsiyonlarının özetleri belirli katılımcılarla paylaşılmış ve araştırmacının yorumlarının katılımcı deneyimleriyle tutarlılığı kontrol edilmiştir. Uzman incelemesi aşamasında ise nitel araştırma ve lojistik alanında uzman iki akademisyenden görüş alınarak kodlama ve tema oluşturma süreçleri gözden geçirilmiştir.

Bu süreçler, elde edilen bulguların doğruluğunu ve analiz sürecinin güvenilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca kodlama sürecinin tutarlılığını sağlamak amacıyla kodlar ve temalar araştırmacı tarafından birden fazla kez gözden geçirilmiş ve analiz süreci boyunca verilerle sürekli karşılaştırma yapılmıştır. Katılımcı kimlikleri gizli tutulmuş ve tüm görüşme verileri etik araştırma standartlarına uygun biçimde yalnızca mevcut araştırmaya hizmet etmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu çalışma için Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan etik onay alınmıştır. Araştırma, Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 28 Kasım 2025 tarihli toplantısında (Karar No: 2025/9) görüşülmüş ve yürürlükteki etik düzenlemelere uygun bulunarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.

Veri toplamaya başlamadan önce, hava lojistiğinde dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarına ilişkin güncel sektör raporları ve akademik literatür etraflıca taranmıştır. Ayrıca, dijital dönüşüm ve yapay zekâ kavramları literatürdeki kavramsal ayrımlara dayanarak analiz edilmiştir. Dijital dönüşüm genellikle süreçlerin dijitalleştirilmesi, bilgi sistemlerinin entegrasyonu, veri temelli yönetim uygulamaları ve dijital platformların kullanımı gibi daha geniş kapsamlı teknolojik dönüşüm süreçlerini ifade etmektedir (Zheng vd., 2025). Yapay zekâ uygulamaları ise bu dijital altyapı üzerinde çalışan ve tahminleme, optimizasyon, otomatik karar destek mekanizmaları veya veri analitiği gibi daha ileri düzey analitik yetenekler sağlayan teknolojiler olarak ele alınmaktadır (Rane vd., 2026). Analiz sürecinde dijital dokümantasyon sistemleri, operasyon yönetim platformları ve veri izleme araçları dijital dönüşüm teması altında değerlendirilmiştir. Öte yandan talep tahmini algoritmaları, kapasite planlama modelleri ve yapay zekâ destekli analiz araçları yapay zekâ teması altında sınıflandırılmıştır. Bu ön analiz, görüşme formunun kapsam ve içeriğinin belirlenmesine büyü ölçüde katkı sağlamıştır. Seçilen nitel

araştırma yaklaşımı, hava lojistiğinde dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarının sürdürülebilirlik süreçleri üzerindeki etkilerini katılımcı deneyimleri üzerinden derinlemesine incelemek açısından uygun bir metodolojik çerçeve sunmaktadır.

Mevcut literatürde, dijital dönüşüm, yapay zekâ ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişki çoğunlukla nicel performans göstergeleri üzerinden incelenmiştir (Lei vd., 2023). Bu çalışma ise nitel bir yaklaşım benimseyerek konuyu yönetsel, algısal ve deneyimsel perspektiflerden ele almakta ve literatürde bu kapsamda önemli bir boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Nitel veri toplama ve analiz tekniklerinin kullanılması, sektördeki yönetici ve çalışanların deneyimlerine doğrudan erişim sağlamak ve bu içgörülerin kavramsal olarak yapılandırılmasına olanak tanımaktadır. Bu doğrultuda çalışmanın hem kuramsal katkı hem de politika geliştirme açısından anlamlı çıktılar üretmesi beklenmektedir.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Analiz süreci sonucunda elde edilen kodlar ve kategoriler, sadece katılımcı ifadelerinin betimlenmesi ile sınırlı kalmayıp dijital dönüşüm, yapay zekâ ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişkilerin ortaya çıkmasını sağlayan temel mekanizmaları da açığa çıkarmaktadır. Kodlar, operasyonel uygulamalar, teknolojik araçlar ve sürdürülebilirlik çıktıları arasındaki etkileşimleri yansıtan kategoriler altında toplanmış ve bu kategoriler beş ana tema hâlinde yapılandırılmıştır. Böylece temalar, ilgili değişkenler arasındaki ilişkilerin mantığını ve bu ilişkilerin oluşmasını sağlayan süreçleri göstermektedir. Tablo 1’de, kodların hangi kategoriye ve temaya ait olduğu gösterilmekte, ayrıca dijital dönüşüm, yapay zekâ ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişkilerin hangi mekanizmalar üzerinden şekillendiği de görülebilmektedir.

Tablo 1. Kod, Kategori, Tema ve Mekanizma/İlişki Tablosu

Kod	Kategori	Tema	Mekanizma / İlişki
Kaynakları verimli kullanmak	Operasyonel sürdürülebilirlik	Hava lojistiğinde sürdürülebilirliğin kavramsallaştırılması	Kaynak yönetimi ve operasyonel verimlilik aracılığıyla sürdürülebilirlik
Dijital dokümantasyon hataları ve gecikmeleri azaltıyor	Dokümantasyon süreçleri	Hava lojistiği operasyonlarında dijital dönüşüm uygulamaları	Dijital araçlar üzerinden süreç görünürlüğü ve hata azaltımı
YZ temelli talep tahmini planlama doğruluğunu artırıyor	Operasyonel optimizasyon	Operasyonel süreçlerde yapay zekâ uygulamaları	Tahminleme ve optimizasyon mekanizması ile verimlilik artırımı
Rotaları optimize ederek gereksiz uçuşları azaltmak	Çevresel katkı	Dijital dönüşüm ve yapay zekânın sürdürülebilirlik boyutlarına katkıları	Planlama ve optimizasyon aracılığıyla çevresel etki azaltımı
Yüksek yatırım maliyetleri ve entegrasyon güçlükleri	Benimseme zorlukları	Benimseme sürecindeki zorluklar ve dijital dönüşüm ile sürdürülebilirlik hedefleri arasındaki ilişki	Kurumsal ve teknik engellerin yönetimi ile sürdürülebilir stratejik entegrasyon

Analiz süreci sonucunda elde edilen beş ana tema, hava lojistiğinde dijital dönüşüm, yapay zekâ ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişkilerin mekanizmalarını ortaya koymaktadır. Tema 1, sürdürülebilirliğin çevresel koruma ile sınırlı olmayıp operasyonel süreklilik, stratejik verimlilik ve sürekli iyileştirme boyutlarını kapsayan çok boyutlu bir kavram olduğunu göstermektedir. Tema 2, dijital dönüşüm uygulamalarının planlama, koordinasyon ve dokümantasyon süreçlerinde kritik rol oynayarak sürdürülebilirliği desteklediğini vurgulamaktadır. Tema 3, yapay zekâ uygulamalarının talep tahmini, kapasite planlama ve optimizasyon gibi operasyonel karar süreçlerinde belirsizliği azaltan ve verimliliği artıran mekanizmalar sunduğunu ortaya koymaktadır. Tema 4, dijital dönüşüm ve yapay zekânın çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik çıktıları üzerindeki bütüncül katkılarını göstermektedir. Son olarak Tema 5, benimseme sürecinde karşılaşılan yüksek maliyetler, entegrasyon güçlükleri ve insan kaynağı gereksinimleri gibi zorlukların farkında olunmasına rağmen dijital dönüşümün sürdürülebilirliği operasyonel bir gerçekliğe dönüştürdüğünü ve stratejik entegrasyonu mümkün kıldığını ortaya koymaktadır. Bu açıklama, tablo ile birlikte ele alındığında kod ve kategoriler üzerinden temaların hangi mekanizmaları temsil ettiğini ve değişkenler arasındaki ilişkilerin nasıl ortaya çıktığını açık bir biçimde göstermektedir.

Katılımcıların Demografik ve Mesleki Özelliklerine İlişkin Bulgular

Tablo 2, katılımcıların demografik ve mesleki özelliklerine ilişkin bulguları sunmaktadır (n = 19). Katılımcıların 10'u kadın (%52,6) ve 9'u erkek (%47,4) olup cinsiyet dağılımının görece dengeli olduğu görülmektedir. Katılımcıların yaşları 26 ile 45 arasında değişmekte, çoğunluğu (%63,2) ise 30–39 yaş aralığında yer almaktadır. Bu durum, hava lojistiğinde operasyonel ve yönetsel karar alma süreçlerinde aktif rol alan bir işgücü çeşitliliğine işaret etmektedir. Eğitim düzeyi açısından, 11 katılımcı (%57,9) lisans, 8 katılımcı (%42,1) yüksek lisans mezunudur. Bu dağılım, bilhassa analitik ve teknolojik yetkinlik gerektiren dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarının anlaşılması açısından görece yüksek bir eğitim düzeyi olduğuna dikkat çekmektedir. Mesleki deneyim bakımından, katılımcıların hava lojistiği sektöründeki kıdemleri 2 ile 19 yıl arasında değişmektedir. Katılımcıların yaklaşık yarısı (%47,4) 10 yıldan fazla deneyime sahipken, %36,8'i 5–10 yıl arası deneyime sahiptir. Bu durum, katılımcıların büyük çoğunluğunun sektöre ilişkin önemli düzeyde bilgi birikimine veya deneyime sahip olduğunu ve nitel bulguların güvenilirliğini güçlendirdiğini göstermektedir. Tüm katılımcılar hava lojistiği veya hava kargo operasyon birimlerinde görev yapmaktadır. Unvanlar farklılık gösterse de roller işlevsel olarak operasyonel planlama, koordinasyon, dijital sistemler ve performans yönetimi etrafında yoğunlaşmaktadır. Katılımcıların yaklaşık %68,4'ü uzman veya analist pozisyonlarında, %31,6'sı ise yönetici veya amir pozisyonlarında görev yapmaktadır. Bu yapı, esasında hem operasyonel düzeydeki hem de stratejik düzeydeki yaklaşımlara ilişkin verilerin elde edilmesini sağlamıştır. Her ne kadar sürdürülebilirlik tüm görev tanımlarında bağımsız bir sorumluluk alanı olarak açıkça belirtilmemiş olsa da bugün kaynak verimliliği, operasyonel optimizasyon, dijital izleme ve veri temelli karar alma gibi sürdürülebilirlikle ilişkili unsurlar katılımcıların günlük sorumluluklarına entegre

edilmiştir. Bu nedenle katılımcı profilinin, dijital dönüşüm ve yapay zekânın hava lojistiği operasyonlarının sürdürülebilirliğindeki rolünü inceleme amacına da uygun ve tutarlı olduğu değerlendirilmektedir.

Tablo 2. Katılımcıların Demografik ve Mesleki Özelliklerine İlişkin Bulgular

Katılımcı No	Cinsiyet	Yaş	Eğitim Düzeyi	Pozisyon	Birim	Deneyim (Yıl)	Sorumluluk Alanı
K1	Kadın	29	Lisans	Hava Lojistiği Uzmanı	Hava Lojistiği Operasyonları	5	Dijital sevkiyat planlaması
K2	Erkek	34	Lisans	Operasyon Koordinatörü	Hava Kargo Operasyonları	8	Uçuş-kargo koordinasyonu
K3	Kadın	31	Yüksek Lisans	Lojistik Planlama Analisti	Hava Lojistiği Operasyonları	6	Veri temelli rota planlaması
K4	Erkek	38	Lisans	Kargo Operasyon Amiri	Hava Kargo Operasyonları	12	Operasyonel verimlilik izleme
K5	Kadın	27	Lisans	Lojistik Operasyon Yetkilisi	Hava Lojistiği Operasyonları	4	Süreçlerin dijitalleştirilmesi
K6	Erkek	42	Yüksek Lisans	Kıdemli Operasyon Müdürü	Hava Lojistiği Operasyonları	18	Stratejik dijital entegrasyon
K7	Kadın	35	Lisans	Kargo Performans Uzmanı	Hava Kargo Operasyonları	9	Performans analitiği
K8	Erkek	33	Lisans	Operasyon Planlama Yetkilisi	Hava Lojistiği Operasyonları	7	YZ destekli kapasite planlaması
K9	Kadın	40	Yüksek Lisans	Süreç İyileştirme Müdürü	Hava Lojistiği Operasyonları	15	Sürdürülebilirlik odaklı optimizasyon
K10	Erkek	28	Lisans	Lojistik Veri Analisti	Hava Lojistiği Operasyonları	3	Operasyonel veri analizi
K11	Kadın	36	Lisans	Kargo Operasyon Yetkilisi	Hava Kargo Operasyonları	10	Dijital dokümantasyon
K12	Erkek	45	Yüksek Lisans	Operasyon Kontrol Müdürü	Hava Lojistiği Operasyonları	19	Kaynak verimliliği yönetimi
K13	Kadın	32	Lisans	Lojistik Sistemler Uzmanı	Hava Lojistiği Operasyonları	6	Dijital sistem entegrasyonu
K14	Erkek	39	Lisans	Kargo Operasyon Planlayıcısı	Hava Kargo Operasyonları	13	YZ temelli talep tahmini
K15	Kadın	26	Lisans	Kıdemsiz Lojistik Uzmanı	Hava Lojistiği Operasyonları	2	Dijital süreç desteği
K16	Erkek	41	Yüksek Lisans	Süreç İyileştirme Müdürü	Hava Lojistiği Operasyonları	16	Sürdürülebilir operasyon tasarımı
K17	Kadın	34	Lisans	Kargo Koordinasyon Uzmanı	Hava Kargo Operasyonları	8	Gerçek zamanlı kargo takibi
K18	Erkek	37	Lisans	Lojistik Operasyon Amiri	Hava Lojistiği Operasyonları	11	Operasyonel risk yönetimi
K19	Kadın	30	Yüksek Lisans	Lojistik İnovasyon Uzmanı	Hava Lojistiği Operasyonları	5	Yapay zekâ ve dijital inovasyon

Tema 1: Hava Lojistiğinde Sürdürülebilirliğin Kavramsallaştırılması

Katılımcılar, hava lojistiğinde sürdürülebilirliği yalnızca çevresel koruma ile sınırlı olmayan; operasyonel süreklilik, verimlilik ve sorumlu kaynak kullanımı gibi unsurları kapsayan çok boyutlu bir kavram olarak algılamaktadır. Sürdürülebilirlik, sıklıkla optimize edilmiş ve dijital olarak desteklenen süreçler aracılığıyla uzun vadeli operasyonel performansın sürdürülmesiyle ilişkilendirilmiştir.

Bir katılımcı sürdürülebilirliğin operasyonel boyutunu şu şekilde vurgulamıştır:

“Hava lojistiğinde sürdürülebilirlik, kaynakları verimli kullanarak ve sevkiyatları dijital olarak planlayarak operasyonları kesintisiz sürdürebilmek demektir.” (Katılımcı 1, Kadın, Hava Lojistiği Uzmanı)

Bir diğer katılımcı ise stratejik boyuta dikkat çekmiştir:

“Benim için sürdürülebilirlik sadece emisyonlarla ilgili değil; sistemi zaman içinde minimum israfla verimli biçimde çalışır halde tutmaktır.” (Katılımcı 6, Erkek, Kıdemli Operasyon Müdürü)

Benzer şekilde sürdürülebilirlik, sürekli iyileştirme ile ilişkilendirilmiştir:

“Süreçler sürekli iyileştirilmez ve dijital olarak izlenmezse, hava lojistiğinde sürdürülebilirlik sağlanamaz.” (Katılımcı 9, Kadın, Süreç İyileştirme Müdürü)

Bu ifadeler, katılımcıların sürdürülebilirliği hava lojistiği sistemleri içerisinde bütünleşik bir operasyonel ve stratejik gereklilik olarak çerçevelediklerini göstermektedir.

Tema 2: Hava Lojistiği Operasyonlarında Dijital Dönüşüm Uygulamaları

Katılımcılar, dijital dönüşüm uygulamalarının hava lojistiği operasyonlarında bilhassa planlama, koordinasyon, dokümantasyon ve performans izleme süreçlerinde yaygın biçimde kullanıldığını belirtmişlerdir. Dijital sistemler, karmaşıklığın yönetilmesi ve operasyonel sürekliliğin sağlanması açısından temel araçlar olarak tanımlanmıştır.

Bir katılımcı hava kargo koordinasyonundaki rolü şu şekilde ifade etmiştir:

“Uçuşlar ve kargo koordinasyonunda dijital sistemler vazgeçilmez hale geldi. Dijital platformlar olmadan operasyonları yönetmek son derece zor olurdu.” (Katılımcı 2, Erkek, Operasyon Koordinatörü)

Bir diğer katılımcı dokümantasyon süreçlerindeki dijitalleşmenin önemine değinmiştir:

“Dijital dokümantasyon, kargo operasyonlarında hataları ve gecikmeleri önemli ölçüde azalttı.” (Katılımcı 11, Kadın, Kargo Operasyon Yetkilisi)

Analitik açıdan dijital dönüşüm ise şöyle tanımlanmıştır:

“Dijital araçlar, operasyonel verileri gerçek zamanlı analiz etmemizi ve verimsizlikleri tespit etmemizi sağlıyor.” (Katılımcı 10, Erkek, Lojistik Veri Analisti)

Bu bulgular, dijital dönüşümün daha etkin ve şeffaf hava lojistiği operasyonlarını mümkün kılan temel altyapıyı oluşturduğunu göstermektedir.

Tema 3: Operasyonel Süreçlerde Yapay Zekâ Uygulamalarının Rolü

Yapay zekâ, dijital dönüşümün daha ileri ve özelleşmiş bir bileşeni olarak bilhassa tahmin, optimizasyon ve karar destek alanlarında kullanılan bir araç olarak algılanmaktadır. Katılımcılar, yapay zekânın kestirimci planlama ve kapasite yönetimine katkı sağladığını vurgulamışlardır.

Bir katılımcı planlama faaliyetlerinde yapay zekâ kullanımını şöyle açıklamıştır:

“Yapay zekâ destekli kapasite planlaması, talep dalgalanmalarını öngörmemize ve kaynakları daha etkin tahsis etmemize yardımcı oluyor.” (Katılımcı 8, Erkek, Operasyon Planlama Yetkilisi)

Bir başka katılımcı tahminleme yeteneklerine dikkat çekmiştir:

“Yapay zekâ temelli talep tahmini, planlama doğruluğunu artırıyor ve son dakika operasyonel değişiklikleri azaltıyor.” (Katılımcı 14, Erkek, Kargo Operasyon Planlayıcısı)

Yenilik odaklı roller de yapay zekânın stratejik değerini vurgulamıştır:

“Yapay zekâ hem verimliliği hem de sürdürülebilirliği destekleyen yenilikçi çözümler geliştirmemizi sağlıyor.” (Katılımcı 19, Kadın, Lojistik İnovasyon Uzmanı)

Genel olarak yapay zekâ uygulamaları, hava lojistiği operasyonlarında karar kalitesini artıran ve belirsizliği azaltan araçlar olarak algılanmaktadır. Bu bulgular, yapay zekâ uygulamalarının hava lojistiği operasyonlarında sürdürülebilirlik çıktıları üretmesini sağlayan temel mekanizmanın veri temelli tahminleme ve optimizasyon süreçleri olduğunu göstermektedir.

Tema 4: Dijital Dönüşüm ve Yapay Zekânın Sürdürülebilirlik Boyutlarına Katkıları

Katılımcılar, dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarını çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirlik çıktılarıyla tutarlı biçimde ilişkilendirmiştir. Çevresel açıdan optimize edilmiş planlama yakıt tüketimini ve gereksiz operasyonları azaltmakta; ekonomik açıdan dijital araçlar maliyet etkinliğini artırmakta; sosyal açıdan ise otomasyon iş yükü yoğunluğunu ve operasyonel stresi azaltmaktadır.

Bir katılımcı çevresel katkıları şöyle ifade etmiştir:

“Rotaları ve kapasiteyi dijital olarak optimize ederek gereksiz uçuşları azaltıyoruz; bu da doğrudan yakıt tüketiminin düşmesine katkı sağlıyor.” (Katılımcı 3, Kadın, Lojistik Planlama Analisti)

Ekonomik faydalar şu şekilde dile getirilmiştir:

“Dijital sistemlerle desteklenen operasyonel verimlilik izleme, maliyetleri kontrol etmemize ve genel performansı artırmamıza yardımcı oluyor.” (Katılımcı 4, Erkek, Kargo Operasyon Amiri)

Sosyal sürdürülebilirlik açısından ise:

“Dijital sistemler manuel iş yükünü ve operasyonel riski azaltarak çalışanlar için günlük görevleri daha güvenli hale getiriyor.” (Katılımcı 18, Erkek, Lojistik Operasyon Amiri)

Bu bulgular, dijital dönüşüm ve yapay zekânın hava lojistiğinde sürdürülebilirliğe bütüncül katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Tema 5: Benimseme Sürecindeki Zorluklar ve Dijital Dönüşüm ile Sürdürülebilirlik Hedefleri Arasındaki İlişki

Katılımcılar, faydaların farkında olmakla birlikte yüksek yatırım maliyetleri, entegrasyon güçlükleri ve çalışan eğitimi ihtiyacı gibi zorluklara da dikkat çekmektedir. Buna rağmen dijital dönüşüm, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için vazgeçilmez bir unsur olarak görülmektedir.

Bir katılımcı örgütsel zorlukları şu şekilde vurgulamıştır:

“Yeni dijital sistemlerin mevcut operasyonlara entegre edilmesi zaman, yatırım ve çalışan uyumu gerektiriyor.” (Katılımcı 13, Kadın, Lojistik Sistemler Uzmanı)

Bir diğer katılımcı dijitalleşme ile sürdürülebilirlik arasındaki stratejik ilişkiyi şöyle ifade etmiştir:

“Sürdürülebilirlik hedefleri dijital sistemler olmadan yönetilemezler çünkü sürdürülebilirliğin ölçülebilir ve izlenebilir olması gerekir.” (Katılımcı 12, Erkek, Operasyon Kontrol Müdürü)

Son olarak bir katılımcı bu ilişkiyi özetlemiştir:

“Dijital dönüşüm, sürdürülebilirliği soyut bir hedeften operasyonel bir gerçeğe dönüştürüyor.” (Katılımcı 16, Erkek, Süreç İyileştirme Müdürü)

Bulgular, bir taraftan hava lojistiğinde sürdürülebilirliğin yapısal bir çerçeve olarak dijital dönüşüm tarafından güçlü biçimde desteklendiğini öteki taraftan yapay zekânın ise verimlilik, öngörülebilirlik ve uzun vadeli sistem direncini artıran operasyonel bir kolaylaştırıcı olarak işlev gördüğünü ortaya koymaktadır.

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışma, dijital dönüşüm ve yapay zekâ (YZ) uygulamalarının hava lojistiğinde sürdürülebilirliği nasıl güçlendirdiğini nitel araştırma yöntemi yaklaşımıyla ortaya koymaktadır. Bulgular, hava lojistiğinde sürdürülebilirliğin çevresel boyutun ötesine geçerek operasyonel süreklilik, kaynak verimliliği ve uzun vadeli örgütsel dayanıklılığı da kapsayan çok boyutlu bir yapı olarak algılandığını göstermektedir. Katılımcılar, sürdürülebilir uygulamaları günlük operasyonel faaliyetlere gömülü dijitalleşme ve veri temelli karar alma süreçleriyle tutarlı biçimde ilişkilendirmektedir (Chen vd., 2024; Mutambik, 2024; Saqib ve Qin, 2024).

Sonuçlar, dijital dönüşümün hava lojistiği operasyonlarında şeffaflık, entegrasyon ve izlenebilirliği mümkün kılan temel bir altyapı işlevi gördüğü anlaşılmaktadır. Bu bağlamda dijital sistemler; süreç görünürlüğünü artırarak, operasyonel verimsizlikleri azaltarak ve yönetsel karar alma süreçlerini destekleyerek sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Di Nardo vd., 2025; Abdullahi ve., 2025; Chomachaei, 2025). Bu dijital altyapı üzerinde çalışan yapay zekâ uygulamaları ise kestirimci analizler, talep tahmini, kapasite planlaması ve kaynak kullanımının optimizasyonu yoluyla daha ileri düzeyde operasyonel katkılar sunmaktadır (Parthasarathy, 2024; Bakioğlu, 2025; Adeoye vd., 2025). Dijital dönüşüm ve yapay zekâ birlikte ele alındığında sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik, sosyal ve operasyonel boyutlarını eş zamanlı olarak destekleyen tamamlayıcı bir mekanizma oluşturmaktadır (Fatorachian vd., 2025; Oncioiu vd., 2025; Hong ve Xiao, 2024).

Bu bulgular, dijital teknolojilerin lojistik ve havacılıkta sürdürülebilirlik üzerindeki dönüştürücü rolünü vurgulayan mevcut literatürle büyük ölçüde örtüşmektedir (Fareed vd., 2024; Wandelt ve Zheng, 2024; Bibbò vd., 2025). Ancak yazındaki ağırlıklı nicel çalışmalardan farklı olarak, bu araştırma sürdürülebilirliğin hava lojistiğinde doğrudan uygulayıcılar tarafından nasıl algılandığını ve deneyimlendiğini ortaya koyan nitel bir perspektif sunmaktadır. Ayrıca, hava lojistiğinde dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarının sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini ortaya koyarken mevcut teorik çerçevelere de katkı sağlamaktadır. Bilhassa sürdürülebilir lojistik sistemler ve dijital işletme dönüşümü literatüründe hâlen sınırlı olan niteliksel uygulama verilerini sunması, bu alandaki kavramsal boşlukları doldurmaktadır. Bulgular, dijitalleşme ve yapay zekânın operasyonel ve stratejik süreçlerdeki etkileşimini ortaya koyarak, sürdürülebilirlik çıktılarının hem çevresel hem de ekonomik, sosyal ve operasyonel boyutlarda nasıl güçlendiğini göstermektedir. Bu açıdan çalışma, hava lojistiğinde sürdürülebilirliğin çok boyutlu olarak anlaşılmasını sağlayan teorik bir çerçeve sunmaktadır.

Mevcut araştırma bulguları Dinamik Yetenekler Teorisi (Gao vd., 2025) ve Kaynak Orkestrasyonu Teorisi (Soleymanzadeh ve Hajipour, 2025) perspektifinden değerlendirildiğinde, dijital dönüşüm ve yapay zekânın hava lojistiğinde sürdürülebilirliği destekleyen mekanizmalarını açıklamaktadır. Dinamik yetenekler çerçevesi, işletmelerin değişen çevresel koşullara hızla uyum sağlama ve yeni teknolojileri etkin biçimde benimseme kapasitelerini öne çıkarırken (Kowalski vd., 2025; Spanaki vd., 2025), kaynak orkestrasyonu dijital ve yapay zekâ temelli sistemlerin örgütsel kaynaklarla bütünleşmesini ve stratejik olarak kullanılmasını mümkün kılmaktadır (Khayyam vd., 2025; Hongsakul vd., 2025). Bu doğrultuda, elde edilen bulgular hem dijitalleşme ve yapay zekânın operasyonel ve stratejik süreçlerdeki etkilerini hem de hava lojistiği bağlamında sürdürülebilirlik çıktılarının nasıl ortaya çıktığını teorik olarak açıklamakta ve mevcut kuramsal çerçevelere katkı sağlamaktadır (Fatorachian vd., 2025; Oncioiu vd., 2025).

Pratik açıdan, elde edilen bulgular hava lojistiği işletmeleri için önemli çıkarımlar sunmaktadır. Operasyonel düzeyde, yapay zekâ destekli tahminleme ve optimizasyon uygulamaları, kaynak kullanımını daha etkin yönetmeye ve operasyonel verimliliği artırmaya olanak tanımaktadır. Benzer

araştırmalar dijital dönüşümün sürdürülebilir lojistik sistemler için bir ön koşul niteliğinde olduğunu ve yapay zekânın sürdürülebilirlik çıktılarının derinleşmesini ya da işlevselleşmesini sağlayan katma değerli bir araç olduğunu desteklemektedir (Stroumpoulis ve Kopanaki, 2025; Farfán Chilicaus vd., 2025).

Elde edilen bulgular, hava lojistiği işletmelerinin dijital dönüşümü teknolojik bir güncelleme olmaktan ziyade stratejik bir sürdürülebilirlik girişimi olarak ele almaları gerektiğini göstermektedir. Stratejik düzeyde dijital dönüşüm girişimleri, sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu planlanarak yatırımın geri dönüşünü maksimize edebilir. Bu bağlamda, dijital ve yapay zekâ temelli çözümler hem stratejik hem de operasyonel düzeyde sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu hale getirilmelidir. Ayrıca çalışan eğitimi, süreç değişim yönetimi ve dijital beceri geliştirme, teknolojik dönüşümün etkin bir şekilde benimsenmesini ve sürdürülebilirlik çıktılarının gerçekleşmesini destekleyen kritik unsurlar olarak öne çıkmaktadır (Fareed vd., 2024). Dolayısıyla, çalışan eğitimi ve dijital beceri gelişimine yatırım yapılması gerek teknolojinin etkin benimsenmesi gerekse örgütsel değişime direncin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir (Mutambik, 2024; Saqib ve Qin, 2024).

Buna karşın dijital dönüşüm ve yapay zekâ uygulamalarının benimsenmesine ilişkin yüksek yatırım maliyetleri, sistem entegrasyon güçlükleri veya ileri düzey insan kaynağı ihtiyacı gibi çeşitli zorlukları da görünür kılmaktadır (Cannas vd., 2023; Alquraish, 2025; Zhang vd., 2025). Bu zorluklar, teknolojik dönüşümün teknik olmanın da ötesinde örgütsel ve yönetsel bir süreç olduğunu hatırlatmaktadır. Dolayısıyla sürdürülebilirlik odaklı dijital girişimlerin başarısı gerek teknolojik kapasiteye gerekse de çalışan yetkinliklerine, sürekli eğitime ve etkili değişim yönetimi uygulamalarına bağlıdır (Kulkov vd., 2023; Alojail ve Khan, 2023; Jahangir vd., 2025).

Nihayetinde bu çalışma hava lojistiği bağlamında dijital dönüşüm, yapay zekâ ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi bütünlük bir nitel çerçeveye ele alarak literatüre katkı sağlamaktadır. Mevcut bulgular, gelecekteki araştırmalar için de yol gösterici niteliktedir. Sonraki araştırmalar da daha büyük örneklemeler, karma yöntem veya nicel tasarımlar ile farklı lojistik türleri ya da ulusal bağlamlar arasında karşılaştırmalar yapılması bulguların genellenebilirliğini artırabilir ve dijital ya da yapay zekâ temelli dönüşümün sürdürülebilirlik performansı üzerindeki etkilerinin ölçülmesine katkı sağlayabilir. Ayrıca farklı lojistik türleri veya ulusal bağlamlar arasında karşılaştırmalar yapılması, hem teorik modellerin geçerliliğini test etmeye hem de sektörel uygulamalara yönelik somut öneriler geliştirmeye olanak tanıyacaktır (Farfán Chilicaus vd., 2025; Oncioiu vd., 2025; Lin, 2025).

Ek Beyan

Yazarların Katkıları

Bu çalışmada yazarların katkıları eşit olmuştur; tüm yazarlar araştırma fikrinin geliştirilmesi, veri analizi, yazım ve düzeltme aşamalarına eşit oranda katkıda bulunmuştur.

Finansman

Bu çalışma herhangi bir kurum veya kuruluş tarafından finanse edilmemiştir.

Sorumlu Yapay Zeka Beyanı

Bu çalışmanın hiçbir aşamasında yapay zeka desteği alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, bu çalışmanın yayınlanmasıyla ilgili herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Onay

Bu çalışmanın tüm süreçlerinde Pen Academic Publishing Araştırma Etik Politikası ilkeleri izlenmiştir. Çalışma, 28 Kasım 2025 tarihinde Gümüşhane Üniversitesi Etik Kurulu'ndan etik onay almıştır (Onay No: 2025/9).

REFERENCES

- Abdullahi, I., Larijani, H., Liarokapis, D., Paterson, J., Jones, D., & Murray, S. (2025). A data-intelligence-driven digital twin framework for improving sustainability in logistics. *Applied Sciences*, 15(2), 601-616.
- Adeoye, Y. E. T. U. N. D. E., Onotole, E. F., Ogunyankinnu, T. U. N. D. E., Aipoh, G. O. D. W. I. N., Osunkanmibi, A. A., & Egbemhenghe, J. O. S. E. P. H. (2025). Artificial Intelligence in Logistics and Distribution: The function of AI in dynamic route planning for transportation including self-driving trucks and drone delivery systems. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 25(02), 155-167.
- Adesoga, T. O., Ajibaye, T. O., Nwafor, K. C., Imam-Lawal, U. T., Ikekwere, E. A., & Ekwunife, D. I. (2024). The rise of the " smart" supply chain: How AI and automation are revolutionizing logistics. *International Journal of Science and Research Archive*, 12(2), 790-798.
- Alamandi, M. (2025). Sustainable Innovation Management: Balancing Economic Growth and Environmental Responsibility. *Sustainability*, 17(10), 4362-4393.
- Alojail, M., & Khan, S. B. (2023). Impact of digital transformation toward sustainable development. *Sustainability*, 15(20), 14697-14717.
- Alquraish, M. (2025). Digital Transformation, Supply Chain Resilience, and Sustainability: A Comprehensive Review with Implications for Saudi Arabian Manufacturing. *Sustainability*, 17(10), 4495-4528.
- Anzivino, A., Cantù, C. L., & Sebastiani, R. (2025). Orchestration mechanisms in sustainability-oriented innovation: a meta-organization perspective. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 40(1), 1-18.
- Bakioğlu, G. (2025). Prioritization of Digital Technology Applications in Intermodal Freight Transport using CRITIC-based Picture Fuzzy TOPSIS Method. *International Journal of Automotive Science And Technology*, 9(2), 230-240.

- Bibbò, L., Laganà, F., Bilotta, G., Meduri, G. M., Angiulli, G., & Cotroneo, F. (2025). AI-Enhanced Eco-Efficient UAV Design for Sustainable Urban Logistics: Integration of Embedded Intelligence and Renewable Energy Systems. *Energies*, 18(19), 5242-5292.
- Braun, V., & Clarke, V. (2021). To saturate or not to saturate? Questioning data saturation as a useful concept for thematic analysis and sample-size rationales. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 13(2), 201-216.
- Cannas, V. G., Ciano, M. P., Saltalamacchia, M., & Secchi, R. (2024). Artificial intelligence in supply chain and operations management: a multiple case study research. *International journal of production research*, 62(9), 3333-3360.
- Chai, L., Lai, K. H., & Zong, L. (2025). How digital transformation enhances supply chain transparency? Based on the perspective of information improvement and resource optimization. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 201, 104256-104269.
- Chand, S. P. (2025). Methods of data collection in qualitative research: Interviews, focus groups, observations, and document analysis. *Advances in Educational Research and Evaluation*, 6(1), 303-317.
- Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., & Juan, A. A. (2024). Artificial intelligence in logistics optimization with sustainable criteria: A review. *Sustainability*, 16(21), 9145-9167.
- Chomachaei, F. (2025). The Impact of Blockchain-Based Technology on Airport Operational and Environmental Performance: Empirical Evidence From European Airports. *Journal of Business Logistics*, 46(4), e70029.
- Christou, P. A. (2022). How to use thematic analysis in qualitative research. *Journal of Qualitative Research in Tourism*, 3(2), 79-95.
- De Azinheira Reguenga, M. J., Lampridou, S., Pattison, N., Brett, S. J., & Soni, S. (2025). The use of audio-visual aids to reduce delirium after cardiac surgery in intensive care units (DaCSi-ICU): A feasibility study protocol. *PLoS One*, 20(4), e0320935.
- Di Nardo, M., Gallab, M., Murino, T., Wu, J., & Pandey, S. (2025). Integrating sustainability and industry 4.0: A framework for sustainable logistics 4.0. *Circular Economy and Sustainability*, 1-39.
- Eleimat, M., & Ószi, A. (2025). Cybersecurity in Aviation: Exploring the Significance, Applications, and Challenges of Cybersecurity in the Aviation Sector. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 53(2), 169-183.
- Fan, M., Tang, Y., Qalati, S. A., & Ibrahim, B. (2025). Can logistics enterprises improve their competitiveness through ESG in the context of digitalization? Evidence from China. *The International Journal of Logistics Management*, 36(1), 196-224.
- Fareed, A. G., De Felice, F., Forcina, A., & Petrillo, A. (2024). Role and applications of advanced digital technologies in achieving sustainability in multimodal logistics operations: A systematic literature review. *Sustainable Futures*, 8, 100278-100294.
- Farfán Chilicaus, G. C., Licapa-Redolfo, G. S., Arbulú Ballesteros, M. A., Corrales Otazú, C. D., Apaza Miranda, S. J., Flores Castillo, M. M., ... & Arbulú Castillo, J. C. (2025). Digital Transformation and Sustainability in Post-Pandemic Supply Chains: A Global Bibliometric Analysis of Technological Evolution and Research Patterns (2020–2024). *Sustainability*, 17(7), 3009-3039.

- Fatorachian, H., Kazemi, H., & Pawar, K. (2025). Digital Transformation for Sustainable Transportation: Leveraging Industry 4.0 Technologies to Optimize Efficiency and Reduce Emissions. *Future Transportation*, 5(2), 34-53.
- Gao, Y., Liu, S., & Yang, L. (2025). Artificial intelligence and innovation capability: A dynamic capabilities perspective. *International Review of Economics & Finance*, 98, 103923.
- Hong, Z., & Xiao, K. (2024). Digital economy structuring for sustainable development: the role of blockchain and artificial intelligence in improving supply chain and reducing negative environmental impacts. *Scientific Reports*, 14(1), 3912-3924.
- Hongsakul, B., & Chuaychoo, I. (2024). The influence of logistics activity on sustainable performance of air cargo business in Thailand. *ABAC Journal*, 44(4), 176-197.
- Hongsakul, B., Lalaeng, C., & Ingard, A. (2025). Digital transformation in the logistics industry: An evidence-based synthesis of logistics activity. *TPM–Testing, Psychometrics, Methodology in Applied Psychology*, 32(2-June), 1081-1097.
- Huy, P. Q., & Phuc, V. K. (2025). Unveiling how business process management capabilities foster dynamic decision-making for effectiveness of sustainable digital transformation. *Business Process Management Journal*, 31(8), 67-103.
- Jahangir, S., Xie, R., Iqbal, A., & Hussain, M. (2025). The influence of sustainable human resource management practices on logistics agility: the mediating role of artificial intelligence. *Sustainability*, 17(7), 3099-3124.
- Jayarathna, C. P., Agdas, D., & Dawes, L. (2024). Perceived relationship between green logistics practices and sustainability performance: a multi-methodology approach. *The International Journal of Logistics Management*, 35(5), 1522-1548.
- Jurgelāne-Kaldava, I., Effenberger, W. V., Batenko, A., & Čiziūnienė, K. (2025). Digitalization of Air Cargo Supply Chains: A Case Study of Latvia. *Systems*, 13(6), 468-483.
- Kang, X., & Chen, L. (2025). Quantifying the environmental benefits of green development: A carbon emission reduction analysis of air logistics in airport-type national logistics hub cities. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 44(2), e14572.
- Khayyam, M., Yushi, J., Liu, Q., Idrees, H., Qin, S., & Nurlegul, A. (2025). Leveraging technological readiness and knowledge sources for green innovation: a resource orchestration perspective. *Business Process Management Journal*, 31(3), 848-877.
- Khmara, M. P. (2025). THE impact of artificial intelligence application on the optimization of logistics and warehouse management. *Journal of Strategic Economic Research*, (3), 97-109.
- Kowalski, M., Bernardes, R. C., Gomes, L., & Borini, F. M. (2025). Microfoundations of dynamic capabilities for digital transformation. *European Journal of Innovation Management*, 28(8), 3717-3746.
- Kulkov, I., Kulkova, J., Rohrbeck, R., Menvielle, L., Kaartemo, V., & Makkonen, H. (2024). Artificial intelligence-driven sustainable development: Examining organizational, technical, and processing approaches to achieving global goals. *Sustainable Development*, 32(3), 2253-2267.
- Lei, Y., Liang, Z., & Ruan, P. (2023). Evaluation on the impact of digital transformation on the economic resilience of the energy industry in the context of artificial intelligence. *Energy Reports*, 9, 785-792.

- Li, J., & Wang, J. (2025). Digital twin-driven management strategies for logistics transportation systems. *Scientific Reports*, 15(1), 12186-12205.
- Lim, W. M. (2025). What is qualitative research? An overview and guidelines. *Australasian Marketing Journal*, 33(2), 199-229.
- Lin, K. Y. (2025). Generative artificial intelligence-driven sustainable supply chain management: a UNISONE framework for smart logistics and predictive analytics under Industry 5.0. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1-32.
- Macit, A. (2024). Sustainability and Operational Efficiency in Air Cargo: Insights from Turkish Cargo's Management Practices. *Sosyal Mucit Academic Review*, 5(Innovative Conceptual Approaches to Social Sciences), 81-105.
- Masuwai, A., Zulkifli, H., & Hamzah, M. I. (2025). Self-assessment of secondary school Islamic education teacher: validity and reliability of qualitative study. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 14(2), 961-974.
- Mohsen, B. M. (2024). Ai-driven optimization of urban logistics in smart cities: Integrating autonomous vehicles and iot for efficient delivery systems. *Sustainability*, 16(24), 11265-11287.
- Mutambik, I. (2024). Digital transformation as a driver of sustainability performance—a study from freight and logistics industry. *Sustainability*, 16(10), 4310-4328.
- Nweje, U., & Taiwo, M. (2025). Leveraging Artificial Intelligence for predictive supply chain management, focus on how AI-driven tools are revolutionizing demand forecasting and inventory optimization. *International Journal of Science and Research Archive*, 14(1), 230-250.
- Oncioiu, I., Mândricel, D. A., & Hojda, M. H. (2025). Artificial Intelligence-Enabled Digital Transformation in Circular Logistics: A Structural Equation Model of Organizational, Technological, and Environmental Drivers. *Logistics*, 9(3), 102-130.
- Parthasarathy, V. (2024). AI-Driven Carbon Footprint Tracking and Emission Reduction in Logistics Networks. *International Journal of Artificial Intelligence, Data Science, and Machine Learning*, 5(2), 47-56.
- Pregoner, J. D. (2024). Research approaches in education: A comparison of quantitative, qualitative and mixed methods. *IMCC Journal of Science*, 4(2), 31-36.
- Rane, N. L., Chika, O. E., & Rane, J. (2026). Business intelligence systems integrating artificial intelligence, big data analytics, machine learning, internet of things, and blockchain. *International Journal of Applied Resilience and Sustainability*, 2(2), 367-395.
- Saqib, Z. A., & Qin, L. (2024). Investigating effects of digital innovations on sustainable operations of logistics: An empirical study. *Sustainability*, 16(13), 5518-5538.
- Soleymanzadeh, O., & Hajipour, B. (2025). A bibliometric analysis of resource orchestration research: current status, emerging trends and future research agenda. *Management Research Review*, 48(4), 643-664.
- Spanaki, K., Dennehy, D., Papadopoulos, T., & Dubey, R. (2025). Data-driven digital transformation in operations and supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 284, 109599-109606.

- Stroumpoulis, A., & Kopanaki, E. (2025). Examining the Relationship Between Sustainable Strategies, Digital Transformation and Organizational Context: Evidence from 3PL Companies in Greece. *Sustainability*, 17(19), 8846-8872.
- Vural, S. (2025). Sustainability of Air Logistics: A Bibliometric Analysis. *Journal of Aviation*, 9(2), 311-320.
- Wandelt, S., & Zheng, C. (2024). Toward smart skies: Reviewing the state of the art and challenges for intelligent air transportation systems (IATS). *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 25(10), 12943-12953.
- Ye, Y., Min, X., Liu, X., Chen, X., Cao, K., Howlader, S. R. K., & Chen, X. (2025). Secure and Intelligent Low-Altitude Infrastructures: Synergistic Integration of IoT Networks, AI Decision-Making and Blockchain Trust Mechanisms. *Sensors*, 25(21), 6751-6802.
- Zhang, H., Li, Y., Zhang, S., Song, L., & Tao, F. (2025). Artificial Intelligence-Enhanced Digital Twin Systems Engineering Towards the Industrial Metaverse in the Era of Industry 5.0. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 38(1), 40-62.
- Zhang, P., Fu, Y., & Lu, B. (2025). Analyzing the Coupling Coordination and Forecast Trends of Digital Transformation and Operational Efficiency in Logistics Enterprises. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 20(3), 211-232.
- Zhang, Z., Zhang, L., Fu, D., & Li, W. (2025). An intelligent stochastic optimization approach for air cargo order allocation under carbon emission constraints. *PloS one*, 20(4), e0319973.
- Zheng, J., Zhang, J. Z., Kamal, M. M., & Mangla, S. K. (2025). A dual evolutionary perspective on the Co-evolution of data-driven digital transformation and value proposition in manufacturing SMEs. *International Journal of Production Economics*, 282, 109561.
- Ziakkas, D., Pechlivanis, K., & Plioutsias, A. (2025). Enhancing Aviation Risk Assessment through Artificial Intelligence: The Single Pilot Operations Case Study. *Transportation Research Procedia*, 88, 305-314.