LOJİSTİK DERGİSİ

www.loder.org.tr Basılı ISSN: 2564-7245 Elektronik ISSN: 2630-5704
YIL 22 • Sayı 62 • Aralık 2025
LOJİSTİK DERNEĞİ'NİN (LODER) RESMİ YAYIN ORGANI

PAZARLAMA SATIŞ VE DAĞITIM GİDERLERİNİN KARLILIK ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BİST ULAŞTIRMA ve DEPOLAMA SEKTÖRÜNDE İNCELENMESİ

DEMİRYOLU SEKTÖRÜNDE SERMAYE YAPISININ FİNANSAL PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TÜRKİYE LİMANLARINDA ELLEÇLENEN KONTEYNER TALEBİNİN TAHMİNİ: ULUSLARARASI TİCARET PERSPEKTİFİNDEN UYGULAMALI BİR MODEL

AFET LOJİSTİĞİNDE DRON KULLANIMI VE DEMATEL İLE TEKNOLOJİK KISITLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

LODER adına sahibi

Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ (LODER Yönetim Kurulu Başkanı)

Editör

Prof. Dr. Gülçin BÜYÜKÖZKAN (LODER Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı)

Yayın Kurulu

Prof. Dr. A. Zafer ACAR (İstanbul Bilgi Üniversitesi)
Prof. Dr. Birdoğan BAKİ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Adil BAYKASOĞLU (Dokuz Eylül Üniversitesi)
Prof. Dr. Gülçin BÜYÜKÖZKAN (Galatasaray Üniversitesi)
Prof. Dr. Orhan FEYZİOĞLU (Galatasaray Üniversitesi)
Prof. Dr. Elif KONGAR (New Haven Üniversitesi)
Prof. Dr. İskender PEKER (Gümüşhane Üniversitesi)
Prof. Dr. Mehmet TANYAŞ (Maltepe Üniversitesi)
Prof. Dr. Umut Rıfat TUZKAYA (Yıldız Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Füsun ÜLENGİN (Sabancı Üniversitesi)

Yayın Türü

Yerel Süreli Yayın
Yılda İki Sayı (Haziran - Aralık)
Basılı ISSN: 2564-7245
Elektronik ISSN: 2630-5704

Dizinlenme

Lojistik Dergisi 2021 yılı itibari ile TUBİTAK-ULAKBİM TR Dizin Veri Tabanında dizinlenmektedir.

Yayın Adresi

Lojistik Derneği, Barbaros Mah. Ihlamur Bul. Ağaoğlu My Newwork No:3/15 Ataşehir 34746 İstanbul, Türkiye
Telefon: 0536 379 80 80
Faks: 0850 522 34 03
www.lojistikdergisi.org

Lojistik Derneği'nin (LODER'in) yayını olan Lojistik Dergisi, hakemli bir bilimsel araştırma dergisidir. Bilimsel makale gönderimi ile ilgili gerekli bilgilere https://lojistikdergisi.org/makale-gonder adresinden ulaşabilirsiniz.

Değerli Okuyucular,

Dergimizin bu sayısında araştırma türünde dört makale yer almaktadır.

Dr. Öğretim Üyesi Burcu Kaynar Bilen ve Dr. Öğretim Üyesi Tülay Tellioğlu makalelerinde, lojistik işletmelerinde pazarlama, satış ve dağıtım giderleri ile karlılık arasındaki ilişkiyi incelemiştir. BİST (Borsa İstanbul) ulaştırma ve depolama sektöründe faaliyet gösteren 6 işletmenin 2014–2023 dönemine ait verileri panel veri yöntemiyle analiz edilmiştir. Bulgular, pazarlama, satış ve dağıtım giderleri ile işletme büyüklüğünün faaliyet karını pozitif etkilediğini, pazarlama yoğunluğunun ise faaliyet karı üzerinde negatif etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Doç. Dr. İsmail Çağrı Özcan makalesinde, halka açık demiryolu şirketlerinin sermaye yapılarının karlılıkları ve piyasa değerleri üzerindeki etkisini ortaya koymayı hedeflemiştir. 1989–2017 döneminde 16 ülkeden 62 demiryolu şirketine ait veriler ekonometrik yöntemlerle analiz edilmiştir. Bulgular, finansal kaldıraç artışının aktif kârlılığını azalttığını, buna karşın toplam ve uzun vadeli kaldıraç artışının piyasa değerini olumlu etkilediğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, demiryolu taşımacılığı başta olmak üzere lojistik sektöründe stratejik yatırım ve sermaye yapısı kararları açısından çıkarımlar sunmaktadır.

Dr. Öğretim Üyesi Elif Meryem Yurdakul Şipal makalesinde, Türkiye limanlarında uluslararası konteyner talebinin Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemiyle tahmin edilmesini amaçlamıştır. 2013:01–2025:08 dönemine ait veriler kullanılarak çeşitli makroekonomik ve sektörel göstergeler modele dahil edilmiştir. En iyi tahmin performansı, tansig transfer fonksiyonuna sahip üç katmanlı ve her katmanda 10 nöron bulunan YSA mimarisiyle elde edilmiştir. Bulgular, YSA'nın konteyner talep tahmininde yüksek doğruluk sağladığını ve liman planlaması ile yatırım kararları için etkili bir karar destek aracı olduğunu göstermektedir.

Dr. Öğretim Üyesi Gonca Reyhan Akkartal makalesinde, afet lojistiğinde dron kullanımını kısıtlayan temel engellerin ve bu engeller arasındaki nedensel ilişkilerin belirlenmesine odaklanmıştır. Anketlerle 250 uzman ve akademisyenden elde edilen veriler DEMATEL yöntemiyle analiz edilmiştir. Bulgular, dron tasarımı ve ağırlığının, batarya kapasitesi/ömrünün ve hava koşullarına dayanıklılığın en kritik ve yönlendirici kısıtlar olduğunu ortaya koymaktadır. Bu faktörler, yüksek önem düzeylerinin yanı sıra diğer kriterler üzerindeki güçlü nedensel etkileriyle afet operasyonlarının sürekliliğini ve uygulanabilirliğini doğrudan etkilemektedir.

Makalelerin yazarlarına ve makalelerin değerlendirilme sürecinde kıymetli zamanlarını ayırarak destek veren hakemlere teşekkür ederiz.

Dergimizin tüm okuyuculara yararlı olmasını ve ilgili araştırmacıların bilimsel çalışmalarına katkı sağlamasını dileriz.

Saygılar.

Prof.Dr. Gülçin Büyüközkan

Lojistik Dergisi Editörü

Hakem Listesi (2025 Yılı)

Prof. Dr. A. Zafer Acar (İstanbul Bilgi Üniversitesi)
Prof. Dr. Sinan Apak (Fenerbahçe Üniversitesi)
Prof. Dr. Birdoğan Baki (Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Gülsen Serap Çekerol (Eskişehir Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Orhan Feyzioğlu (Galatasaray Üniversitesi)
Prof. Dr. Ali Görener (İstanbul Ticaret Üniversitesi)
Prof. Dr. Yavuz Günalay (Bahçeşehir Üniversitesi)
Prof. Dr. Dilşad Güzel (Atatürk Üniversitesi)
Prof. Dr. Köksal Hazır (Toros Üniversitesi)
Prof. Dr. Mehmet İnce (Tarsus Üniversitesi)
Prof. Dr. Mehmet Hakan Keskin (İstanbul Kent Üniversitesi)
Prof. Dr. Batuhan Kocaoğlu (İstanbul Topkapı Üniversitesi)
Prof. Dr. Eren Özceylan (Gaziantep Üniversitesi)
Prof. Dr. İskender Peker (Gümüşhane Üniversitesi)
Prof. Dr. Bülent Sezen (Gebze Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Mehmet Tanyaş (Maltepe Üniversitesi)
Prof. Dr. Gülfem Tuzkaya (Marmara Üniversitesi)
Prof. Dr. Umut Rıfat Tuzkaya (Yıldız Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Özalp Vayvay (İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi)
Doç. Dr. Murat Baskak (İstanbul Teknik Üniversitesi)
Doç. Dr. Gülmüş Börühan Karaca (Yaşar Üniversitesi)
Doç. Dr. Mehtap Dursun Karahüseyin (Galatasaray Üniversitesi)
Doç. Dr. Pervin Ersoy Ataç (Yaşar Üniversitesi)
Doç. Dr. Fethullah Göçer (Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi)
Doç. Dr. Saliha Karadayı-Usta (İstinye Üniversitesi)
Dr. Öğretim Üyesi Tuğrul Bayat (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
Dr. Öğretim Üyesi İlke Bereketli Zafeirakopoulos (Galatasaray Üniversitesi)
Dr. Öğretim Üyesi Ali Çağrı Buran (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi)
Dr. Öğretim Üyesi Ramazan Eyüp Gergin (Gümüşhane Üniversitesi)
Dr. Öğretim Üyesi Sezin Güleryüz Ergül (İstanbul Üniversitesi)
Dr. Öğretim Üyesi Burak Küçük (Maltepe Üniversitesi)
Dr. Öğretim Üyesi Ayça Maden (Beykent Üniversitesi)
Dr. Öğretim Üyesi Muhammed Turgut (Tarsus Üniversitesi)
Dr. Öğretim Üyesi Deniz Uztürk Baran (Galatasaray Üniversitesi)

İÇİNDEKİLER

Lojistik Dergisi ■Yıl 22 ■Sayı 62 ■Sayfa 88-100 ■Aralık 2025

ARAŞTIRMA MAKALESİ

PAZARLAMA SATIŞ VE DAĞITIM GİDERLERİNİN KARLILIK ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BİST ULAŞTIRMA ve DEPOLAMA SEKTÖRÜNDE İNCELENMESİ*

Burcu KAYNAR BİLEN[1], Tülay TELLİOĞLU[2]

[1]Afyon Kocatepe Üniversitesi, Bolvadin Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Afyonkarahisar, bkaynar@aku.edu.tr, ORCID: 00000-0002-1758-6963

[2]Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Afyonkarahisar, fidanci@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5659-7027

ÖZET

Lojistik işletmeleri malzeme, ürün ya da hizmeti tedarik kaynağından tüketim yerine akışı koordine eden yapılarıyla bilinmektedir. Faaliyetleri paketleme, depolama ve ulaştırma olan lojistik işletmelerinin pazarlama stratejileri açısından farklılıklar oluşturarak bu alanda kendisini gösteren bir dönüşüme girdikleri görülmektedir. Bu farklılıklar, işletmelerin tüketici isteklerinin hemen karşılanabilmesindeki atılımları ve pazardaki rekabet gücünün korunabilmesine ilişkin konular olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla lojistik işletmelerinin faaliyet giderleri içinde özellikle pazarlama, satış ve dağıtım giderleri önemli bir yer tutmaktadır. Çalışmada, lojistik işletmelerinin pazarlama satış ve dağıtım giderleri ile işletmenin karlılık kalemleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın veri setini, BİST (Borsa İstanbul) ulaştırma ve depolama sektöründe işlem gören 6 adet işletmenin 2014-2023 yılları arası finansal verileri üzerinden 55 gözlem oluşturmaktadır. Çalışmada panel veri modeli kullanılmış, pazarlama, satış ve dağıtım giderleri, pazarlama yoğunluğu ve işletme büyüklüğü bağımsız değişkenler, faaliyet karı ile net karı bağımlı değişkenler olarak alınmıştır. Araştırmanın sonucunda, pazarlama, satış ve dağıtım giderlerinin ve işletme büyüklüğünün faaliyet karı üzerinde anlamlı ve pozitif yönde bir ilişkisi olduğu, pazarlama yoğunluğunun faaliyet karı üzerinde anlamlı ve negatif yönde bir ilişkisi olduğu belirlenmiştir. Net kar ile işletme büyüklüğü arasında anlamlı ve pozitif yönde bir ilişkisi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Panel Veri Analizi, Pazarlama Satış ve Dağıtım Giderleri, Pazarlama Yoğunluğu, Ulaştırma ve Depolama Sektörü.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MARKETING SALES AND DISTRIBUTION EXPENSES ON PROFITABILITY IN THE BIST TRANSPORTATION AND STORAGE SECTOR

ABSTRACT

Logistics companies are known for their structures that coordinate the flow of materials, products, or services from source of supply to consumption. Logistics companies whose activities include packaging, warehousing, and transportation have undergone a transformation manifesting itself in this area by creating differences in their marketing strategies. These differences are understood to be related to the companies' progress in meeting consumer demands promptly and maintaining their competitiveness in the market. Therefore, marketing, sales, and distribution expenses, in particular, play a significant role in the operating expenses of logistics companies. This study aimed to determine the relationship between the marketing, sales, and distribution expenses of logistics companies and the company's profitability. The research dataset consists of 55 observations based on the financial data of six companies traded on the BIST (Borsa Istanbul) transportation and warehousing sector between 2014 and 2023. The study employed a panel data model, with marketing, sales, and distribution expenses, marketing intensity, and company size as independent variables, and operating profit and net profit as dependent variables. The study concluded that marketing, sales, and distribution expenses and business size have a significant and positive relationship with operating profit, while marketing intensity has a significant and negative relationship with operating profit. A significant and positive relationship was found between net profit and business size.

Keywords: Marketing Intensity, Marketing Sales and Distribution Expenses, Panel Data Analysis, Transportation and Storage Sector.

*Bu çalışma 13. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresinde sunulan "BİST Ulaştırma ve Depolama Sektöründeki İşletmelerin Pazarlama Satış ve Dağıtım Giderlerinin Karlılık Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi" isimli bildirinin genişletilmiş halidir.

Yayın Künyesi: B. KAYNAR BİLEN, T. TELLİOĞLU , "Pazarlama Satış ve Dağıtım Giderlerinin Karlılık Üzerindeki Etkisinin BİST Ulaştırma ve Depolama Sektöründe İncelenmesi", Lojistik Dergisi, Yıl 22, Sayı 62, Sayfa 88-100, Aralık 2025.

Makale Geçmişi: Geliş: 13.09.2024 / Kabul: 07.03.2025 - Article History: Received: 13.09.2024 / Accepted: 07.03.2025

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 88-100 ■ Aralık 2025

1. GİRİŞ

Pazarlama kavramsal olarak, işletmenin finansal performansını yönlendirdiği görüşünü savunmaktadır. Pazarlamanın bu yönlendirmesi iki şekilde olmaktadır. İlki, satış araştırması yoluyla yeterince karşılanmayan müşteri ihtiyaçlarını ve pazar fırsatlarını ortaya çıkararak; reklam, halkla ilişkiler, satış gösterileri, denemeler ve örnekleme yoluyla olmaktadır. İkincisi ise pazarı bilgilendirerek ve geliştirerek, satış promosyonları yoluyla pazarı canlandırarak, kişisel satış ve doğrudan pazarlama yoluyla sipariş alarak olmaktadır (Markovitch vd., 2020). Bu yönüyle, finansal performansın açıklanmasında pazarlama ve pazarlama faaliyetlerine yapılan yatırımların ve harcamaların/giderlerin önemine ilişkin araştırmalara daha önem verildiği görülmektedir. Başka bir ifade ile pazarlama araştırmaları, işletmelerin pazarlamasının performans sonuçlarına nasıl katkıda bulunduğuna dair bilgi oluşturmaya giderek daha fazla odaklanmaktadır.

"Pazarlama yatırımı" ile anlatılmak istenen, yatırım yapılan pazarlama varlıklarının tanımlanması ve varlıkların uzun vadede büyüme ve sürdürülebilir kar potansiyeli sağlamasıdır (Rust vd., 2004). Pazarlama varlıkları, işletmenin satın alınan markalar, toplumdaki itibarı, müşterilerinin bağlılığı, franchising sözleşmeleri, rekabet üstünlüğü elde ettiği ticari anlaşmalar gibi uzun vadeli olarak bilançolarında maliyet bedeli ile duran varlıklar içinde görünecek olan varlıklardır (Külter ve Demirgüneş, 2006). Bu varlıklar için belirlenmiş olan yıl kadar ya da yıl belirlenmediyse yasal süre olan beş yıl baz alınarak amortisman ayrılmak suretiyle dönem gideri olarak kayıtlara alınmaktadır. İşletmenin kendi içinde oluşturduğu markaların, müşteri listelerinin, ticari başlıkların, lisanlı haklarının ve benzer kalemlerin duran varlık olarak muhasebeleştirilmesi söz konusu değildir (TMS, 28).

"Pazarlama harcamaları/giderleri" ile anlatılmak istenen ise, söz konusu giderlerin kısa vadede ilgili dönem için karlılığa olan katkısının olması yönünde katlanılan giderlerdir. Pazarlama harcamalarının muhasebe kayıt ortamındaki hesap olarak ifadesi pazarlama, satış ve dağıtım giderleridir. Bu giderler; döneme ilişkin reklam harcamaları, hizmet iyileştirmeleri, dağıtım kanalları, promosyonlar, yeni ürün/hizmet tanıtımları ve iletişim gibi pazarlama faaliyetlerini kapsamaktadır. Pazarlama, satış ve dağıtım giderleri; işletmenin piyasa değerinin ve/veya müşteri değerinin oluşturulmasına yardımcı olabileceğinin anlaşılması açısından önem taşımaktadır. Bu giderleri gerektiren tüm faaliyetler; ilgili dönemdeki müşteri memnuniyetini, sadakatini, işletmeye yönelik tutumu ve müşteri odaklı diğer unsurları etkilemektedir.

Geçmişte kullanılan taşımacılık kavramının geliştirilmiş anlatımı olan lojistik kavramı, planlı, hızlı ve verimli bir biçimde ürün/çıktı/mal için bir yerden belirlenmiş başka bir yere ulaştırılması süreçlerinde depolanması, teslim edilmesine ilişkin işlemleri ifade etmektedir (Ballou, 1999; Çevik ve Kaya, 2010). Ulaştırma ve depolama sektörü günümüzde dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de stratejik sektörler arasına girmiştir. Lojistik faaliyetlerinde maliyet avantajı sağlamayı hedefleyen ülkeler önemli adımlar atmaktadır. Jeopolitik konumu sayesinde çok önemli bir potansiyele sahip olan, transit ticaret yolları üzerinde bulunan Türkiye de lojistik üs olma konusunda ilerleme kaydetmektedir. Bir ürünün üretilmiş olduğu noktadan son kullanıcıya kadar olan süreçte gerçekleşen işlemlerin tamamı lojistik faaliyetini kapsamaktadır. Özellikle ülkelerin dış ticaret hacimlerini artırmak için ciddi projeleri hayata geçirdiği ve bu yöndeki yatırımlarına ağırlık verdiği düşünüldüğünde, dış ticaretin önemli bir bileşeni olan lojistik kavramı ayrı bir önem kazanmaktadır (Kaplan, 2019). Günümüzde gerek ulusal gerekse uluslararası işletmeler üretim ve dağıtım faaliyetlerinin yanında, bunların tamamlayıcısı olan ulaştırma ve depolama hizmetleri ile rekabet güçlerini artırma arayışı içine girmiştir (Babacan, 2003).

Bu çalışmada, pazarlama, satış ve dağıtım giderlerinin kısa vadede karlılığa ve dolayısıyla finansal performansa olan etkisi ulaştırma ve depolama sektöründe yer alan işletmeler açısından ele alınmıştır. Yapılan literatür taramasına istinaden ulaştırma ve depolama sektöründe bu konuda bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak bu sektöründe çalışılan konuya benzerlik göstermesi bakımından, sürdürülebilir tedarik zinciri konusunda pazarlama faaliyetlerinin yeşil dağıtım ve pazarlama ile ürünlerin tasarlanması konusu dikkat çekmiştir. Ayrıca askeri lojistik faaliyetlerinin maliyetlerinin azaltılabilmesi için bu faaliyetlerin pazarlama stratejisinde kullanılan 4R şeklinde ifade edilen alanlarda yapılacak iyileştirmelerin önemi konusu da dikkat çekmiştir. Her sektörde çalışılması muhtemel olarak, ulaştırma ve depolama sektöründe pazarlama faaliyetlerine ilişkin yapılan dönemsel harcamaların o dönemin karlılığına

olası etkisinin araştırılması amacıyla yapılan bu çalışmada panel veri analizi kullanılmıştır. Bu yöntemin kullanılma nedeni, ulaştırma ve depolama borsa şirketlerin 10 yıllık süreç boyunca gözlem yapılarak izlenebilirliği ve pazarlama giderlerinin karlılık üzerinde anlamlı veya anlamsız etkilerinin anlaşılırlığının ve tahmin edilebilirliğinin sağlanmasıdır. Analizin bulgularının sonucuna göre; pazarlama, satış ve dağıtım giderlerinin artması reklam harcamalarına, hizmetlerin iyileştirmelerine, dağıtım kanalları, promosyonlar, yeni ürün/hizmet tanıtımlarına daha fazla önem verilmesi sonucu, bu şirketlerin faaliyet karı ile net karının artışına neden olacağı şeklinde değerlendirme yapılmaktadır.

Çalışma altı bölümü içermekte ve ilk bölüm giriş kısmıdır. İkinci bölüm literatür taramasını, üçüncü bölüm araştırma kısmını oluşturan model, yöntem ve veri setini kapsamaktadır. Dördüncü bölümde bulgular yer alırken, beşinci bölümde sonuç ve öneriler yer almaktadır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatür taramasında pazarlama, satış ve dağıtım giderleri ile karlılık arasındaki ilişkiye yönelik çalışmalar incelenmiş, yapılan yabancı ve yerli çalışmalara ilişkin farklı sonuçların ortaya çıktığı görülmüştür. Yapılan çalışmaları özetlemek gerekirse;

Krishnan vd. (2009), çalışmasını Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) ve Pazarlama giderlerinin etkileşimlerinin işletmenin finansal performansı olan aktif karlılığı (ROA) üzerindeki etkisini ABD firmalarının Fortune 1000 listesinde yer alan 1995-1997 dönemine ait 18 sanayi sektöründe yer alan 201 işletme üzerinde yapmıştır. Araştırma bulguları, sanayi işletmelerine göre ayarlanmış araştırma geliştirme ve pazarlama etkileşim değişkeninin finansal performans üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmanın iki alana katkıda bulunduğundan söz ederek, küresel rekabet, dış kaynak kullanımı ve bilgi teknolojisinin olduğu bu çağda, rekabet avantajına giden yollardan biri, işletmelerde hem Ar-Ge hem de pazarlama yatırımlarına vurgu yapmaktır. İkinci olarak, yönetimsel bir bakış açısıyla, işletmelerin kendi sektörlerinde liderliklerini sürdürebilmeleri için, iki hayati değer zinciri faaliyeti olan Ar-Ge ve pazarlamaya uzun vadeli taahhütlerde bulunmalarının zorunlu olduğunu ortaya koymaktadır.

Van Triest vd. (2009), çalışmasında hedeflenepazarlama harcamalarının müşteri elde tutma ve müşteri karlılığı üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada, dört yıllık bir süre boyunca 4.500'den fazla işletme müşterisi için satış, pazarlama ve hizmet giderlerine ilişkin müşteri düzeyindeki veriler panel veri analizini kullanarak incelenmiştir. Bulgular, hedeflenen pazarlama harcamalarının, müşteri karı üzerindeki etkisinin büyük müşteriler için olumlu olduğunu, ancak daha küçük müşteriler için hiçbir etkisi olmadığını göstermektedir. Bu nedenle, hedeflenen pazarlama harcamaları, müşteri geliştirmeden çok ilişki sürdürme aracı gibi göründüğünü ve daha fazla kar getiren büyük müşterileri elde tutmaya yardımcı olduklarını ifade etmiştir. Ayrıca işletmelerin müşteriye özgü ilişki harcamalarıyla hedeflenen müşterilerin daha yüksek elde tutma oranları gösterdiği ve bu müşterilerin daha yüksek satışlara ve daha yüksek karlara sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Nath vd. (2010), çalışmasında bir işletmenin pazarlama faaliyetleri ve çeşitlendirme stratejilerinin (ürün/hizmet ve uluslararası çeşitlendirme) finansal performans üzerindeki göreceli etkisini araştırmıştır. Bu bağlantının, işletmenin kaynak-yetenek-performans üçlüsünü entegre etmedeki göreceli verimliliğine bağlı olduğu düşüncesiyle İngiltere'de bulunan 102 endüstriyel, tüketici ve gıda gibi sektörlerde faaliyet gösteren lojistik şirketinin arşiv verilerini kullanarak, pazarlama yeteneğinin finansal performans üzerinde önemli belirleyici olduğu ifade edilmiştir. Çalışma, 2005-2006 yılı için verilerinin baz alındığı bu şirketlerin sunduğu lojistik hizmetleri genel olarak yük taşımacılığı (%22), depolama (%12), mal taşımacılığı (%13) olarak sınıflandırılabilirken, çoğunluk (%53) tüm bu hizmetlerin bir karışımını oluşturmuştur. Çalışmada, pazar odaklı bir işletmenin, yalnızca faaliyetlerine odaklanan bir işletmeden daha iyi bir iş performansına sahip olma olasılığının yüksek olduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca, işletmeler müşteriler için dar bir ürün/hizmet portföyüne odaklandıklarında ve çeşitli coğrafi pazarlara yoğunlaştıklarında daha iyi durumda oldukları ifade edilmektedir. Veri zarflama tekniğinin kullanıldığı araştırmanın bulguları, pazarlama faaliyetlerine ilişkin yeteneklerinin işletmenin finansal performansına hakim olduğunu göstermekte ve lojistik gibi oldukça rekabetçi bir sektörde, daha iyi pazarlama kabiliyeti işletmeler için rekabet avantajı sağladığı görüşünü ortaya çıkarmıştır.

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 88-100 ■ Aralık 2025

Çıtak (2015) çalışmada BİST KOBİ Sanayi Endeksi (XKOBI)'ndeki işletmelerin 2012-2013 yılları arasındaki yıllık verileri kullanılarak pazarlama yatırımlarının performans üzerindeki etkisi incelenmiştir. Küçük ve Orta Büyüklükteki işletmelerin pazarlama yatırımları bakımından karşılıklı etkinlikleri üç açıdan araştırılmıştır. Çalışmada veri zarflama modelinde pazarlama yoğunluğu girdi kabul edilmiş, piyasa değeri ile vergi öncesi kar marjı çıktı olarak kullanılmıştır. Çalışmada KOBİ'ler toplam aktiflerin tutarı bakımından iki gruba ayrılmış, KOBİ'lerin performans puanları arasındaki farklılıkların belirlenmesi açısından da parametrik veya parametrik olmayan testlere tabi tutulmuştur. Çalışmanın temel bulgusu, KOBİ'lerin içinde pazarlama yatırımlarında düşük bir seyir izleyen çoğu işletmelerin, ölçeklerine göre artan karlılık şeklinde faaliyetler gösterdiğini ortaya çıkmıştır. Bir başka açıdan, aktif toplamı daha düşük olan işletmelerin, aktif toplamı daha büyük olan işletmelere göre, ölçek performansının yükseldiği görülmüştür.

Konak (2015), çalışmasında pazarlama satış ve dağıtım harcamalarının BIST Tekstil, Deri Endeksi'nde yer alan 22 işletmenin performansı üzerindeki etkilerini araştırmış ve 2009-2013 yılları arasındaki verilerini kullanmıştır. Araştırmada, kesitsel zaman serisi analiz tekniği kullanılmıştır. Aktif Karlılığı (ROA), Tobin-Q, Özkaynak Karlılığı (ROE) bağımlı değişken olarak seçilmiş, bağımsız değişkenler olarak Pazarlama Harcamalarındaki Yıllık Değişim ve Pazarlama Harcamalarındaki Yıllık Değişimin Karesi olmuştur. Bulgulara göre, ROA ve ROE performans kriteri olarak ele alındığında, hem Pazarlama Harcamalarındaki Yıllık Değişim hem de Pazarlama Harcamalarındaki Yıllık Değişimin Karesi ile finansal performansı karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişkinin varlığı anlaşılmıştır. Tobin-Q için negatif ilişki bulunmasına rağmen, istatistiksel olarak anlamlılık belirlenmemiştir. Ayrıca, performans ölçümü olarak özkaynak karlılığı dikkate alındığında, pazarlama harcamalarındaki artışın işletme karlılığını azaltabileceği anlamına gelen bir sonuç elde edilmiştir.

Öztürk ve Dülgeroğlu (2016), çalışmaların da işletmelerin pazarlama fonksiyonuna yönelik giderlerinin ve yönetim fonksiyonuna yönelik giderlerinin işletmelerin satış performansları üzerinde ne yönlü ve ne büyüklükte etkili olduğunu araştırmayı amaçlamışlardır. Bu doğrultuda işletmelerin, 2007-2015 yılları aralığında çeyrek olarak alınan ara finansal raporlarından elde edilen bilgiler panel veri analizi yöntemiyle araştırılmıştır. Araştırma sonucunda pazarlama giderlerinin işletme performansı üzerinde olumlu etkide bulunduğuna dair sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma sonuçları, literatürde yer alan çalışmaları desteklediği görülmektedir.

Ayrıçay ve Kılıç (2018), çalışmasında pazarlama yoğunluğunun işletme performansı üzerindeki etkisini gıda sektörü ile metal eşya, makine ve gereç yapım sektörleri açısından incelemiştir. Araştırma BIST 100 endeksinde yer alan 21 gıda ve 21 metal eşya, makine ve gereç yapım işletmesinin 2005-2015 yılları arasındaki verileri üzerinden yapılmıştır. Çalışma 462 gözlem ile yürütülmüş ve kullanılan yöntem, panel veri regresyon modellerinden sabit etki regresyon yöntemi olarak belirlenmiştir. Bağımlı değişken olarak firma değeri olan pazar değeri/defter değeri (PD/DD) alınmış, bağımsız değişkenler olarak ise pazarlama yoğunluğu ile pazarlama yoğunluğunun karesi, kontrol değişkenler olarak kaldıraç oranı, satışların logaritması ve toplam varlıkların logaritması alınmıştır. Çalışmada, pazarlama yoğunluğunun PD/DD bağımlı değişkeni üzerinde anlamlı ve pozitif bir etkisi olduğu sonucu bulunmuştur. Ancak, pozitif etkinin bir aşamaya kadar olduğu daha sonra negatif yönde bir seyir takip ettiği anlaşılmıştır.

Markovitch vd. (2020), çalışmasında pazarlama harcamalarının tahminine yönelik yaklaşımda bulunmuş, bu yaklaşımları pazarlama karması harcamalarına yansıyan pazarlama faaliyeti ile işletmenin temel yönlerini, faaliyetlerini ve iş ortamını yansıtan değişkenler arasında yapısal bir ilişkinin muhtemel olduğu varsayımına dayandırmıştır. Çalışmada S&P 500 işletmeleri ve 2009'da faaliyet gösteren rastgele seçilmiş 800 işletme dahil olmak üzere 1300 işletmeden (imalat, hizmet, endüstriyel ve perakende) örneklem belirlenmiş ve panel veri analizi yapılmıştır. Bağımlı değişkenlerin seçiminde çalışmalarda sık olarak kullanılan Aktif Karlılığı oranı (ROA) ilebir işletmenin piyasa değerlerinin varlıklarını yenileme değerine oranı (Tobin-Q) olurken bağımsız değişkenler pazarlama yoğunluğu (değer yakalayan yatırımlar) ve Ar-Ge yoğunluğu (değer yaratan yatırımlar) olmuştur. Araştırmada incelenen işletmelerin toplam pazarlama giderlerini iki şekilde ele aldıkları anlaşılmıştır. Buna göre, bazı işletmelerin bir satır öğesi olarak veya maddeler halinde pazarlama giderlerini açıkladıklarında 'raporlama

yapan' olarak ifade edilmiştir. Bazı işletmeler ise pazarlama giderlerini herhangi bir biçimde açıklamadıkları, bunun yerine pazarlama giderlerini genel yönetim giderleri ile birleştirdikleri ve toplam pazarlama harcamalarını gizledikleri için 'raporlama yapmayan' işletmeler olarak ifade edilmiştir. Raporlama yapmayan işletmelerin pazarlama harcamalarının açıklanması olasılığını, bu harcamanın miktarını ve işletmenin ROA' sı üzerindeki etkisini birlikte modellemiştir. Pazarlama yoğunluğunun işletme karlılığı üzerinde olumlu bir etkisi olduğuna dair doğrudan kanıt oluşturabilmek için bir işletme örneğindeki toplam satış ve pazarlama harcamaları hakkındaki verileri kullandıklarından söz etmiştir. Çalışma bulguları, pazarlama yoğunluğunun eş zamanlı olarak gelecekteki karlar ile satış büyümesi ilişkisinin pozitif olduğunu göstermiştir.

Dikici (2020), çalışmasında askeri lojistik faaliyetlerine ilişkin maliyetlerin asgari düzeye indirerek azami fayda sağlanması açısından lojistik süreçlerin iyileştirilmesi gerekliliği, yöntemleri ve askeri lojistiğin optimizasyonu için gerekli koşullardan söz etmiştir. Pazarlama stratejisinde kullanılan 4R olarak ifade edilen alanlarda yapılacak iyileştirmelerin lojistik maliyetler üzerinde azalması etkisi ile faydanın artmasının söz konusu olacağını anlatmaktadır.

Cezlan (2022), çalışmasında sürdürülebilir tedarik zinciri konusunda pazarlama faaliyetleri çerçevesinde yeşil dağıtım ve pazarlama ile ürünlerin tasarlanmasından bahsetmiş ve işletmenin kar maksimizasyonuna olması söz konusu katkısına göre tasarlanmasından söz edilmiştir. Çalışmada, yeşil tedarikçi seçimini etkileyen kriterler baz alınarak kullanılan yöntemle sıralama yapılmıştır.

Adıgüzel Mercangöz (2023), 2017-2021 yılları arasında BİST'de işlem gören 10 ulaştırma ve depolama işletmelerinin aktif ve özsermaye getirilerinin nelerden etkilendiğini görmek için işletme finansal verileri kullanılarak panel veri analizi yöntemi kullanılmıştır. İşletmelerin aktif karlılığı (ROA), özsermaye karlılığı (ROE), finansal borç oranı (Lev), stok devir hızı (SDH), alacak devir hızı (ADH), aktif devir hızı (ADH), likidite oranı (LO), ticari borç devir hızı (TBDH), brüt kar marjı (BKM) hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda finansal borçluluk oranı, ticari borç devir hızı ve Covid kukla değişkeni ile işletmelerin aktif karlılığını sembolize eden ROA değişkeni arasında negatif yönde ilişki tespit edilirken brüt kar marjı ile aktif karlılığı ilişkisinin anlamlı olarak pozitif yönde olduğu tespit edilmiştir.

Öndeş ve Levet (2023), işletmelerin kârlılık üzerinde faaliyet giderlerinin etkisini ele aldıkları çalışmalarında, Borsa İstanbul 30 endeksinde yer alan 16 işletmeye ait PSDG, genel yönetim giderleri ve Ar-Ge ile dönem net kârları ilişkisi panel analizi uygulanarak çözümlenmiştir. Çalışmada işletmelerin 2010-2021 yılları arası baz alınan veriler kullanılmıştır. Çalışma sonucuna göre faaliyet giderleri içinde genel yönetim ve Ar-Ge giderleri bağımsız değişkenlerinin istatistiksel olarak dönem net karı üzerinde anlamlı ve pozitif şekilde etki oluşturduğu anlaşılmıştır. Buna karşın dönem net karına PSDG etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlemlenmiştir.

Shubita (2023), çalışmasında işletme karlılığının pazarlama stratejisi üzerindeki etkisini araştırmış, bağımlı değişken olarak pazarlama giderleri alınırken, bağımsız değişkenler olarak aktif karlılığı (ROA), kar marjı ve aktif devir hızı alınmıştır. Kontrol değişkeni olarak toplam satışlar seçilmiştir. Çalışmanın verileri 2005-2020 yılları arası Ürdünlü imalat şirketlere ilişkin 808 gözlemden oluşmaktadır. Araştırmada, rastgele etkili regresyon modelleri kullanıştır. Çalışma bulguları, ROA'nın pazarlama stratejisi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu, ancak bileşenlerinin hiçbir etkisi olmadığını ortaya koymaktadır. Çalışmanın sonucunda, pazarlama stratejisinin benimsenerek, müşteri memnuniyetine odaklanarak, pazar araştırmasına yatırım yaparak, sosyal medyayı kullanarak ve güçlü bir marka imajı geliştirerek karlılıklarını artırmalarını önermektedir.

Yüksek ve Kısakürek (2023), işletmenin kar kalemleri ile faaliyet giderleri ilişkinin araştırıldığı çalışmada panel veri analizi yöntemi kullanılmıştır. Değişken seçiminde, bağımsız değişkenler olarak; araştırma faaliyet giderleri içerisinde yer alan araştırma-geliştirme giderleri, pazarlama satış ve dağıtım giderleri, genel yönetim giderleri, bağımlı değişkenler olarak; işletmenin kar kalemlerinden olan brüt kar/zarar, faaliyet karı/zararı, olağan kar/zarar, net kar/zarar bağımlı değişkenleri kullanılmıştır. Çalışma 2009-2020 yılları arasında BİST'de gıda sektöründe işlem gören 17 işletmeyi içermektedir. Çalışma sonucunda pazarlama satış dağıtım giderlerinin kar kalemlerini pozitif yönde etkilediği belirlenmiştir. Genel yönetim giderlerinin pozitif yönde etkilediği kar kalemleri net kar dışındaki kar kalemleri olmuştur.

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 88-100 ■ Aralık 2025

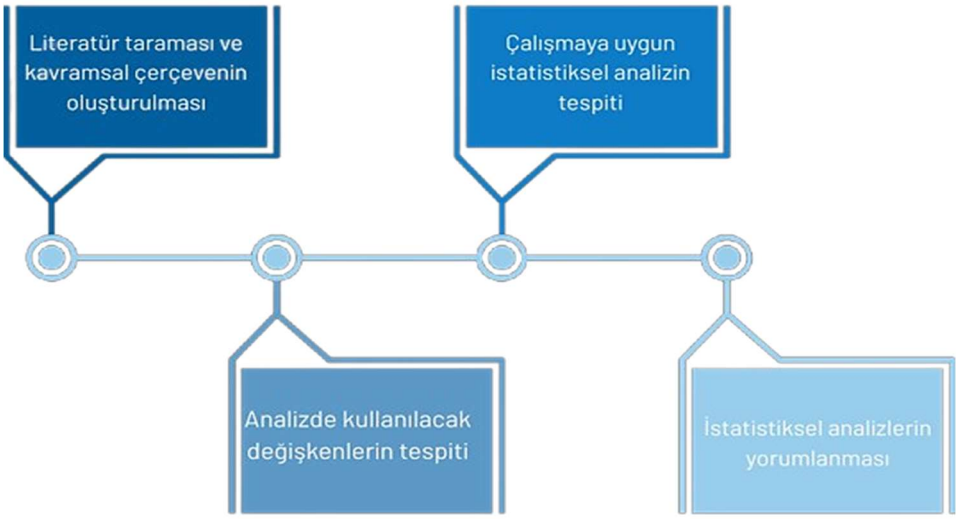
Ar-ge giderlerinin pozitif yönde etkilediği kar kalemleri brüt kar ve faaliyet karıdır. Ar-ge giderlerinin net karı ise, negatif yönde etkilediği görülmüştür.

Aydın (2024), çalışmasında BIST'te yer alan lojistik işletmelerinin faaliyetlerine ilişkin nakit akışlarının işletmenin finansal performansına olan etkisini incelemiştir. Araştırma, lojistik işletmelerinden 2014-2023 yılları arası kesintisiz verilere sahip 4 işletme ile yapılmıştır. Kullanılan bağımlı değişkenler; ROA ve ROE, bağımsız değişkenler ise İşletme Faaliyetlerinden Sağlanan Nakit Akışları/Toplam varlıklar, Yatırım Faaliyetlerinden Sağlanan Nakit Akışları/ Toplam varlıklar ve Finansman Faaliyetlerinden Sağlanan Nakit Akışları/ Toplam varlıklar, Cari oran ve Kaldıraç oranından başka Aktif büyüklüğü de yer almaktadır. Panel veri analizi yöntemi kullanılan çalışma sonuçlarına göre, işletmelerin faaliyetlerinden kaynaklanan nakit akışlarının hem aktif karlılığı hem de öz sermaye karlılığını anlamlı yönde etkileyerek pozitif bir etki oluşturduğu ortaya çıkmıştır. Bu tür bir nakit akışının işletmenin değerinin ve karlılığının artmasında önemli bir rol oynadığının ifade edilmiştir. Kaldıraç oranının işletme performansını anlamlı olarak pozitif yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Yatırım faaliyetleri ve finansman faaliyetleri kaynaklı nakit akışlarının işletmenin performansı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan ancak negatif bir etkisinin olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, Cari oran ve Aktif büyüklüğünün ROA ve ROE üzerinde anlamlı olmayan ancak pozitif bir etkisinin olduğu ifade edilmiştir.

Aksu ve Bayramoğlu (2024), çalışmasında çok kriterli karar verme tekniklerinden ELECTRE III yöntemiyle Borsa İstanbul'da yer alan XULAS endeksindeki 7 lojistik işletmesinin 2018-2020 yıllarına ait finansal oranları kullanılarak finansal performanslarına ilişkin sıralamaları incelenmiştir. Çalışmada, sekiz finansal oran kullanılmış, ağırlıklandırılmaları CRITIC metoduyla yapılmıştır. Bu oranlar; Satışların Maliyeti/Hasılat, Esas Faaliyet Gideri/Hasılat, Esas Faaliyet Karı/Hasılat, Dönem Karı veya Zararı/Hasılat, Toplam Borçlar/ Toplam Varlıklar, Net Çalışma Sermayesi/ Toplam Varlıklar, Dönem Karı veya Zararı/ Toplam Aktifler, Piyasa Değeri/ Defter Değeri'dir. CRITIC metoduna göre, en yüksek ağırlığın Piyasa Değeri/ Defter Değeri kriteri olduğu, en düşük ağırlık kriterinin ise, Dönem Karı veya Zararı/ Toplam Aktifler kriteridir. Çalışmada, performans sıralamasının geçerliliğinin sınanması için söz konusu işletmelerin performans sıralaması, 2021 ve 2022 yıllarındaki ROA (Aktif Karlılığı), ROIC (Yatırılan Sermayenin Getirisi), ROCE (Kullanılan Sermayenin Getirisi) ve FD/NS (İşletme Değeri/ Net Satış) göstergeleriyle kıyaslamıştır. Bu göstergelerin seçilmesinin nedeni, karar vericilerin işletmenin performansı ile ilgili ölçümlerinde kullandığı temel ölçütlerden olmaları olarak ifade edilmiştir. Çalışma sonuçları, işletmelerin performans sıralamasının, seçilen göstergelerle kıyaslandığında iki veya daha fazla ölçüt ile güçlü bir uyumluluk sağladığı görülmüştür. Kıyaslamalarda ortaya çıkan birtakım farklılıkların hem pandemi etkisinden kaynaklandığı hem de bu işletmelerin hizmet verdikleri alt sektörlerin durumunun etkili olduğunu anlaşılmıştır.

Karaca ve Karaca (2025), çalışmasında BİST Toptan ve Perakende sektöründeki işletmelerin dağıtım lojistiği olarak ekonomik verimlilikleri (finansal veriler kullanılarak) ile piyasa performans değerleri (ilgili yılın hisse senedi kapanış fiyatı) arasındaki ilişki panel veri yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Araştırmada işletmelerin 2020-2023 yılları verileri Kamu Aydınlatma Platformu (KAP)'tan sağlanmış ve işletmelerin verimlilikleri ile piyasa değeri hesapları yapılmıştır. Hesaplamalar yapılırken kullanılan çeşitli verimlilik modelinde yenilikler yapıldığı ifade edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, ekonomik verimlilik değerleri ile borsa performans değerleri arasındaki istatistiksel olarak anlamlılık belirlenmiştir. Bu anlamlılığa göre, toptan ve perakende sektöründeki lojistik firmalarının verimlilik değerlerinin piyasa performanslarını pozitif yönde etkilediği anlaşılmaktadır.

Yapılan literatür taraması sonucuna göre, lojistik sektöründe pazarlama giderlerinin veya harcamalarının işletmenin karlılığı ve/veya piyasa değeri üzerindeki etkisinin incelendiği tek çalışma İngiltere'deki lojistik işletmeleri üzerine olan çalışmadır. Bu çalışma ve diğer sektörlerin incelendiği çalışmaların hemen hepsinde pazarlama giderlerinin veya harcamalarının işletmenin karlılığı üzerinde anlamlı ve olumlu bir etkisinin olduğu anlaşılmıştır. Ülkemizdeki ulaştırma ve depolama sektöründe söz konusu konuyu ele alan bir çalışmaya rastlanmadığı için BİST'teki ulaştırma ve depolama sektöründe yer alan işletmeler üzerinde bu çalışma yapılmıştır. Çalışmada panel veri analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin kullanılma nedeni, literatürde yer alan benzeri çalışmalara istinaden belirlenen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin



Şekil 1: Araştırma Akış Şeması

tahmin edilmesini sağlayan bir yöntem olması ve incelenen işletmelerin verilerine uygunluk göstermesi olarak açıklanabilir. Literatürde yer alan çalışmaların sonuçları ile uyumlu olan bu araştırmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Araştırmanın uygulamasına yönelik akış şeması Şekil 1'de verilmektedir. Araştırmaya konu olan bağımlı ve bağımsız değişkenler belirlenmesinden sonra veriler elde edilmiştir.

3. YÖNTEM MODEL VE VERİ

Bu çalışmanın veri setini BİST ulaştırma ve depolama sektörü işletmeleri oluşturmaktadır. BİST Ulaştırma ve depolama sektörü altında 11 işletme yer almaktadır. Araştırma kapsamında 2014-2023 yılları arasında 10 yıllık kesintisiz olarak BİST'te işlem gören lojistik işletmelerin finansal verilerinden yola çıkarak veri seti oluşturulmuştur. Bu kapsamda BİST Ulaştırma ve depolama sektöründe faaliyet gösteren 11 işletmeden sadece 6 tanesi araştırma kapsamına dahil edilmiştir. 5 işletme panel veri analizi için yeterli gözleme sahip olmadıkları için araştırmaya dahil edilmemişlerdir.

Çalışmada zaman serisi ve yatay kesit veriler bir arada kullanılacağından panel veri analizi yöntemi uygun bulunmuştur. Zaman boyutuna sahip yatay kesit veriler kullanılarak oluşturulan panel veri modelleri yardımıyla ekonomik ilişkilerin tahmin edilmesi yöntemine panel veri analizi denilmektedir. Bir başka tanımla panel veri, kesitsel verilerin zaman serileri ile eş zamanlı olarak tek formda analiz edilmesidir (Tatoğlu, 2021). Her bir kesit birimi aynı sayıda zaman serisi gözlemine sahipse, dengeli panel veri denir.

Eğer farklı sayıda zaman serisi içeriyorsa dengesiz panel veri olarak adlandırılır (Gujarati, 2003). Çalışmada, Bist ulaştırma ve depolama sektöründeki 6 işletmenin 2014-2023 dönemine ait bazı dönemlere ait veriler eksik olduğu için dengesiz panel veri analizi kullanılmıştır.

Panel veri seti zaman periyodu (T), gözlemlenen birim sayısı (N) arasındaki büyüklük ilişkisine göre mikro ve makro panel olarak ikiye ayrılmaktadır. Zaman periyodu (T) gözlemlenen birim sayısı (N)'den büyükse (T>N) makro panel olarak isimlendirilmektedir. Tersi durumda gözlemlenen birim sayısı (N) zaman periyodu (T)'den büyükse (N>T) mikro panel olarak adlandırılır (Adıgüzel Mercangöz, 2023).

Çalışma, pazarlama satış ve dağıtım giderlerinin karlılık üzerindeki etkisinin incelenmesi amacıyla Tablo 1'de yer alan 6 işletmenin 2014-2023 yıllık finansal verisini içermektedir. Tahmin edilen (1) ve (2) numaralı modeller, Van Triest vd. (2009), Ayrıçay ve Kılıç (2018), Markovitch vd. (2020), Yüksek ve Kısakürek (2023)'ün çalışmaları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Çalışmaya ilişkin hipotezler şu şekildedir:

H1: Pazarlama satış ve dağıtım giderlerinin faaliyet karı üzerinde etkisi vardır.

H2: Pazarlama yoğunluğunun faaliyet karı üzerinde etkisi vardır.

H3: Pazarlama satış ve dağıtım giderlerinin net kar üzerinde etkisi vardır.

Lojistik Dergisi ■Yıl 22 ■Sayı 62 ■Sayfa 88-100 ■Aralık 2025

H4: Pazarlama yoğunluğunun net kar üzerinde etkisi vardır.

Veriler Excell'de araştırmacı tarafından tasniflenerek oluşturulmuş, Elde edilen veriler Eviews 12 SV ve Stata 15,0 programları kullanılarak panel veri ekonometrisi kullanılarak analizler yapılmıştır. Çalışmaya dahil edilen işletmeler Tablo 1'de belirtildiği gibidir.

Tablo 1: Analizde Kullanılan Ulaştırma ve Depolama Sektörü İşletmeleri

	İşletme Kodu		İşletme Kodu
1	BEYAZ	4	RYSAS
2	GRSEL	5	TLMAN
3	PGSUS	6	THYAO

Çalışmaya ilişkin modeller aşağıda verilmiştir:

Model 1:

$$\mathrm{FKAR_{it}} = \alpha_{it} + \beta_1 LN\mathrm{PSDG_{it}} + \beta_2 \mathrm{PY_{it}} + \beta_3 \mathrm{LNSIZE_{it}} + u_{it} \quad (1)$$

Model 2:

$$\mathrm{NKAR_{it}} = \alpha_{it} + \beta_1 LN\mathrm{PSDG_{it}} + \beta_2 \mathrm{PY_{it}} + \beta_3 \mathrm{LNSIZE_{it}} + u_{it} \quad (2)$$

(1) numaralı model, bağımsız değişkenlerin (pazarlama satış dağıtım giderleri, pazarlama yoğunluğu, aktif büyüklüğü) faaliyet karlılığı üzerindeki etkisini göstermektedir. (2) numaralı modelde ise, bağımsız değişkenlerin (pazarlama satış dağıtım giderleri, pazarlama yoğunluğu, aktif büyüklüğü) net karlılık üzerindeki etkisini göstermektedir.

Model (1)'de yer alan bağımlı değişken FKAR, işletmelerin finansal tablolarında yer alan faaliyet karı ve zararını; Model (2)'de yer alan NKAR ise işletmelerin finansal tablolarında yer alan net kar veya zararı göstermektedir. Bağımsız değişkenlerimiz işletmelerin finansal tablolarında yer alan pazarlama satış dağıtım giderlerinin logaritması (LNPSDG) ile pazarlama giderlerinin satışlara oranı olan pazarlama yoğunluğu (PY) değişkenidir. Genel olarak çalışmalarda kontrol değişkeni olarak dikkate alınan işletme büyüklüğü (LNSIZE) toplam varlıkların logaritması olarak çalışmada yer almıştır. Araştırmada kullanılacak veriler Finnet 2000 plus platformundan elde edilmiştir. Modeller de yer alan bağımsız ve kontrol değişkenlere ait tanımlamalar, kaynaklar ve katsayı işaretlerine ait bilgiler Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2: Bağımsız ve Kontrol Değişkenlere Ait Tanımlar, Kaynaklar ile Katsayı İşaretleri

Bağımsız/Kontrol Değişken	Hesaplama / Kaynak	Beklenti İşaretleri
LNPSDG	Pazarlama Satış ve Dağıtım Giderleri Logaritması (Finnet 2000 Plus)	+
PY	Pazarlama S.ve D.Giderleri / Satışlar (Finnet 2000 Plus)	-
LNSIZE	Toplam Varlıkların Logaritması (Finnet 2000 Plus)	+

4. AMPİRİK BULGULAR

Modelde kullanılan verilere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 3'te yer aldığı gibidir. Tablo 3 incelendiğinde tanımlayıcı istatistiki sonuçlar, işletmelerin faaliyet karlarının ortalaması 3.11E+09 ve net karlarının ortalamasının 4.67E+09 olduğu görülmektedir. Değişkenlere ait çarpıklık katsayısına göre tüm değişkenlerin çarpıklık katsayısı pozitif olduğu için dağılımlarının sağa çarpık olduğu ifade edilebilir. Basıklık değerleri bakımından bağımlı değişkenlerin ve bağımsız değişkenlerden pazarlama yoğunluğu (PY)'nun verisel dağılımları 3'ten büyük olduğundan bu değişkenlerin normal dağılımdan daha dik olduğu görülmektedir.

Bağımsız değişkenler arasındaki çoklu doğrusallık probleminin olup olmadığının anlaşılabilmesi için varyans büyütme faktörüne bakılmıştır. Genel olarak VIF değerinin 10'u aşması değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorunu olduğunu göstermektedir (Gujarati ve Porter, 2009). VIF değeri 5'ten küçük olduğu durumda çoklu bağlantı sorunu olmadığı, VIF değerinin 5-10 arasında ise orta, 10'dan büyükse şiddetli çoklu doğrusal bağlantı olduğu söylenmektedir (Tatoğlu, 2021). Tablo 4'e göre de bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorunu olmadığı görülmektedir.

Tablo 3: Tanımlayıcı İstatistikler

	FKAR	NKAR	LNPSDG	PY	LNSIZE
Ortalama	3,11E+09	4,67E+09	16,29794	0,047421	21,80410
Medyan	1,07E+08	31780620	14,83091	0,006949	21,41993
Maksimum	6,69E+10	1,63E+11	24,45858	1,168618	27,67990
Minimum	-3,38E+09	-5,59E+09	8,705165	0,000120	18,12330
Standart Hata	1,12E+10	2,29E+10	4,109417	0,158214	2,619754
Çarpıklık	4,667134	6,313123	0,272094	6,646388	0,499043
Basıklık	24,78645	43,49000	2,042494	47,57701	2,121285
Gözlem	55	55	55	55	55

(FKAR) Faaliyet Kar Veya Zararı; (NKAR) Net Kar Veya Zararı, (LNPSDG) Pazarlama Satış ve Dağıtım Gideri Logaritması, (PY) Pazarlama Yoğunluğu, (LNSIZE) Toplam Varlıkların Logaritması.

Tablo 4: Bağımsız Değişkenler İçin Çoklu Doğrusal Bağlantı Testi

	VIF
LNPSDG	6,52
PY	1,16
LNSIZE	6,26
Ortalama VIF	4,65

Oluşturulan modellerde ilk olarak birim ve zaman etkisinin varlığının analiz edilmesi gerekmektedir. Analizlerde sonra çalışmanın amacını açıklamaya yönelik uygun modelin seçilmesi için havuzlanmış en küçük kareler, sabit ya da rassal etkiler yöntemin kullanılmasına karar verilecektir. Panel veri analizinin belirlenmesi için kullanılan test sonuçları Tablo 5'te görüldüğü gibidir.

Tablo 5: Model Belirleme Test Sonuçları

Model No	Yatay Kesit F Testi	Breusch-Pagan LM Testi	Hausman Sınaması
(1)	2,85 (0,0254)	0,07 (0,7961)	14,23 (0,0026)
(2)	1,86 (0,1198)	0,20 (0,6555)	9,30 (0,0255)

Panel veride 3 model mevcuttur. Havuzlanmış En Küçük Kareler (EKK), sabit etkiler modeli ve rassal etkiler modeli olmak üzere 3 model yer almaktadır. Modeller arasında seçim yapabilmek için ilk olarak havuzlanmış EKK modelinin uygun olup olmadığı test edilmelidir. Birim ve zaman etkisinin olmadığı değişkenler için havuzlanmış EKK modeli uygun olmaktadır. Panel veri modellerinin havuzlanmış EKK tahmincisine uygun olup olmadığının test edilmesi için F testi ve Breusch-Pagan (1989) test kullanılmaktadır (Mercangöz, 2023).

Tablo 5'de yer alan F testi (1) numaralı model için sabit etkiler ile havuzlanmış EKK model arasındaki tercihte kullanılmaktadır. F testi, sabit etkiler modelinin havuzlanmış EKK modele tercih edilmesi gerektiğini göstermektedir. (1) numaralı modelde $p < 0,05$ olması nedeniyle sabit etkiler modeli anlamlı bulunmuştur. Tahmin edilen modelde birim etkisinin önemli olduğu anlamına gelmektedir.

Breusch-Pagan (1980) LM testi ile modellerin birim heterojenliğinin varlığına bakılmaktadır. Rassal etkiler modeli ile havuzlanmış EKK modeli arasında karar verirken kullanılan bir testtir (Tatoğlu, 2021).

Tablo 5'e göre, (1) numaralı model üzerinde gerçekleştirilen BP-LM testi sonuçlarına göre, modelde $p > 0,05$ olması nedeniyle havuzlanmış EKK yönteminin tercih edilmesi anlamlı bulunmuştur.

Son olarak model belirleme için Hausman (1978) test sınamasında bakılır. Hausman, sabit etkiler ile rassal etkiler arasındaki tercih için kullanılır. Tablo 5'de yer alan model (1) için hausman test sonucuna, istatistik ve olasılık değerine göre ($p < 0,05$) sabit etkiler modeline karar verilmiştir.

Tablo 5'de yer alan Model (2) numaralı model için F testi sonuçları ($p > 0,05$) rassal etkiler modelinin

Lojistik Dergisi ■Yıl 22 ■Sayı 62 ■Sayfa 88-100 ■Aralık 2025

tercih edilmesi gerektiğini gösterilmektedir. Yine (2) numaralı model için Breusch-Pagan testi ve olasılık değerine (p > 0,05) göre havuzlanmış EKK modelin tercih edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Hausman testi sonuçları ve olasılık değerine (p < 0,05) göre sabit etkiler modelinin rassal etkiler modeline tercih edilmesi gerektiğini göstermektedir. Sonuç olarak çalışmada kullanılan her iki model için de sabit etkiler modeli tahmin edilecektir.

Sabit etkiler modeline karar verildikten sonra modelde temel varsayımlardan sapmaların olup olmadığına bakılmıştır. Bu yönüyle modelde heteroskedastisite (değişen varyans), otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığının varlığının tespit edilmesi gerekir. Regresyon modellerinde hata terimlerinin sabit varyansa sahip olup olmadığını sınamak için değişen varyans testleri uygulanmaktadır. Modelde değişen varyans sorunun olması, modelin etkinliğini ortadan kaldırmakta ve istatistiki açıdan parametre tahminlerini anlamsız kılmaktadır. Sabit Etkili Model'in katsayılarını yorumlamadan önce varsayım sınamaları yapılmıştır. Sabit Etkili Model'in değişen varyans sorununu ölçmek için Değiştirilmiş Wald testi, BP/ CW testi ve White testi yapılmıştır. Tablo 6'da yer alan değişen varyans testi sonuçlarına göre "prob" değerlerinin 0,05 ten küçük olması nedeni ile sıfır hipotezi reddedilmektedir. Varyansın birimlere göre değiştiği görülmektedir. Buna göre yapılan test sonuçları modellerde değişen varyans sorunu olduğunu göstermektedir.

Sabit etkiler modellerinde otokorelasyon sorununa bakılmıştır. Hata terimleri arasında anlamlı ve sistematik bir ilişki bulunması otokorelasyon olarak ifade edilmektedir (Albayrak, 2014).

Otokorelasyon sorununu testip etmek için Bhargava vd. D-W ve Baltagi-Wu LBI testi kullanılmıştır. Bu test sonuçları ikiden küçük olduğu için otokorelasyon problemi tespit edilmiştir. Yani modellerde kurulan "otokorelasyon yoktur" şeklindeki H0 hipotezi reddedilmiştir. Yani, modellerdeki hata terimleri ile ilişkili otokorelasyon sorunu görülmüştür. Otokorelasyon testi sonucunda değişen varyans sorunu yatay kesit kovaryans katsayı yönteminin kullanılması ile standart hataların düzeltilmesi yoluyla giderilmeye çalışılmıştır.

Yatay kesit bağımlılığı için Pesaran CD ve Friedman testleri uygulanmıştır. Pesaran CD Test sonuçlarına göre birimler arasında yatay kesit bağımlılığının yer aldığını göstermektedir. Test sonuçlarına göre "prob" değerlerinin 0,05 ten küçük olması nedeni ile sıfır hipotezi reddedilmektedir. Friedman test istatistiği sonuçlarına göre "prob" değerlerinin 0,05 ten büyük olması nedeni ile sıfır hipotezi kabul etmektedir. Analizlerde değişen varyans (heteroskedastisite), otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı sorunlarının varlığına karşın dirençli standart hatalar ile tahmin yapılmıştır. Tablo 7'de dirençli standart hatalarla tahmin sonuçları yer almaktadır.

Tablo 6: Varsayım Testleri Sonuçları

Sapmalar	Test	Model (1)	Model (2)	Boş Hipotez	Model (1) Karar	Model (2) Karar
Değişen Varyans Testi	Değiştirilmiş Wald Testi	788,31 (0,0000)	1717 (0,0000)	H_0: Değişen varyans yoktur.	Ret	Ret
	BP/ Cook-Weisberg Testi (Chi2)	93,10 (0,0000)	114,46 (0,0000)		Ret	Ret
	White Testi (Chi2)	28,27 (0,0009)	-		Ret	-
Otokorelasyon	Bhargava vd. D-W Testi	0,54	0,79	H_0: Otokorelasyon yoktur.	Ret	Ret
	Baltagi-WU LBI T	1,06	1,56		Ret	Ret
Yatay Kesit Bağımlılığı	Pesaran CD Test	2,712 (0,0067)	2,992 (0,0028)	H_0: Yatay-kesit bağımlılığı yoktur.	Ret	Ret
	Friedman Testi	3,833 (0,5737)	3,667 (0,5983)		Kabul	Kabul

Tablo 7: Dirençli Standart Hatalarla Tahmin Edilmiş Sabit Etkiler Modeli Tahmin Sonuçları

	Model 1 (FKAR)	Model 2 (NKAR)
LNPSDG	3,87**	7,41
PY	-1,24*	-1,75
LNSIZE	2,39***	3,37**
R^2	0,465	0,328
Düzeltilmiş R^2	0,372	0,216
F Testi	4,997***	2,811**
Gözlem	55	55
N	6	6

*** yüzde 1 anlamlılık düzeyini göstermektedir. ** yüzde 5 anlamlılık düzeyini göstermektedir. * yüzde 10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Tablo 7'de ki bulgulara göre her iki modelde LNSIZE değişkeninin katsayısı beklentilere uygundur. Sonuçların pozitif olduğu görülmüştür ve Model 1 için %1, Model 2 için %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Karlılık arttıkça işletme büyüklüğü de buna bağlı olarak artış gösterecektir. LNPSDG değişkeni Model 1 için %5 düzeyinde istatistiksel olarak pozitif ve anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. LNPSDG'nin artması FKAR'ı arttıracaktır. Faaliyet giderleri içerisinde yer alan LNPSDG'nin faaliyet karına ulaşmada önemli bir gider kalemi olduğu ifade edilebilir. PY değişkeni Model 1 için %10 anlamlılık düzeyinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu sonuç beklenti değerini de karşılamaktadır. Panel regresyon denklemlerinde, F testi tahmin edilen denklemlerin istatistikî açıdan anlamlı olduğunu göstermektedir. Modelde kullanılan bağımsız değişkenlerin Model 1'de bağımlı değişken olarak kabul edilen faaliyet karlılığını açıklama oranı %47 iken (R^2 = 0,465); Model 2'de bağımlı değişken olarak kabul edilen net karlılığını açıklama oranı %33'dür (R^2 = 0,328).

Çalışma sonuçları, literatürde yer alan PSDG ve PY değişkenleri kullanılarak yapılan Krishnan (2009), Konak (2015), Ayrıçay ve Kılıç (2018), Markovitch (2020), Shubita (2023) ve Yüksek ve Kısakürek (2023) ait çalışma sonuçlarıyla uyumludur. Lojistik sektörü-finans kesişimli olarak Aydın (2024) çalışması ile uyumludur. Çalışma, lojistik sektöründe literatür çalışmalarına göre finansal performansa etkileyen muhasebe karlarından ROA, ROE, vergi öncesi kar ve piyasa değeri değişkenlerinden ayrışarak diğer muhasebe karları olarak faaliyet karı ve net kar üzerindeki etkilerin araştırmasını kapsamaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Pazarlama satış dağıtım giderlerinin karlılık üzerindeki etkisinin incelemek amacıyla yapılan çalışmada BİST'te işlem gören lojistik ve ulaştırma sektörü işletmeleri ele alınmıştır. Lojistik ve ulaştırma sektörü işletmeleri 11 tane olup, düzenli ve sağlıklı veriye sahip 6 işletme çalışma kapsamına alınmıştır. 2014-2023 dönemi 6 işletme üzerinde panel veri analizi yapılmıştır. Modellerde bağımlı değişken olarak FKAR ve NKAR değişkenleri kullanılmıştır. LNPSDG ve PY bağımsız değişkenler olarak dikkate alınırken LNSIZE kontrol değişkeni olarak analizlerde kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan model belirleme test sonuçlarına göre sabit etkiler modeli seçilmiştir. Modellere ilişkin değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı sorunu tespit edilmiştir. Buna göre dirençli standart hatalarla sabit etkiler modeli yöntemiyle sonuçlar yorumlanmıştır. Model 1'e göre işletmelerin LNPSDG ile FKAR'ı anlamlı ve pozitif bir ilişki içindedir. Model 2'ye göre de işletmelerin NKAR'ı ile LNPSDG arasında istatistiksel olarak bir ilişki belirlenememiştir. Model 1'deki kar kalemi açısından çalışma sonuçları araştırmanın literatür bölümünde verilen çalışmaların ağırlıklı kısmının sonuçlarını destekler nitelikte olduğu anlaşılmıştır.

PY ile FKAR değişkenleri arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı ve negatif olduğu belirlenmiştir. Pazarlama yoğunluğu arttıkça faaliyet karının azalacağı yorumu yapılabilir. PY ile NKAR arasında ise herhangi bir anlamlı ilişki çıkmamıştır. LNSIZE ile FKAR ile NKAR arasında istatistiksel olarak pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. İşletmenin aktif büyüklüğü faaliyet ve net karı arttıracağı yorumu yapılabilir.

Çalışma sonucunda; LNPSDG açısından yapılan harcamaların işletmenin varlıkların oluşturulmasına yardımcı olabileceği söylenebilir. LNPSDG ile FKAR kalemi pozitif etkilendiği için varlıkların kara katkıda bulunacağı, büyüme ve sürdürülebilir kar potansiyeli sağlayacağı düşünülebilir.

Çalışma konusuna istinaden ulaştırma ve depolama sektörü altında yer alan 11 işletmenin 5 adeti için yeterli veriye ulaşılamamış ve araştırmanın kapsamı dışında tutulması, araştırmanın kısıtlılığını

oluşturmuştur. İşletmelerin yeniliklere uyum sağlaması, pazarlama stratejilerine sahip olabilmesi satış oranlarında artış anlamına gelecek, bu durumda işletmenin marka/müşteri değerinin ve performansının artışını gözlemlemesi mümkün olabilecektir. Ayrıca, pazarda rekabet edebilmek ve müşterilerin algısında olumlu statü kazanarak iyi bir itibar oluşturmak amacıyla işletmelerin PSDG harcamalarının içerik ve pazar performansı değerlendirmelerini iyi analiz etmeleri gerekmektedir.

Sektör işletmelerine ilişkin ileride yapılacak çalışmalar için, bu çalışmada baz alınanlardan daha fazla sayıdaki sektöre özgü bilgi alınması ve başka finansal ölçümler kullanılarak performansa yönelik tahmin etmede modeller oluşturulabilir. Başka finansal ölçümler olarak, farklı çalışmalarda görüldüğü üzere piyasa değeri, toplam satışlar, özkaynak karlılığı, finansal kaldıraç gibi değişkenler kullanılabilir ve çalışma genişletilebilir. Bu çalışmanın yapılması sırasında ulaştırma ve depolama sektörüne ilişkin işletmelerde Ar-Ge giderlerine ilişkin bir kaleme rastlanmaması ilgi çekmiştir. Söz konusu sektörde çalışma yapacaklar bu konuya odaklanabilir.

KAYNAKLAR

[1] Adıgüzel Mercangöz, B. (2023), "Ulaştırma ve Lojistik Sektörü Şirketlerinin Karlılıklarını Etkileyen Faktörlerin Panel Veri Analizi İle Araştırılması: Stata Uygulamalı Panel Veri Analizi", Ekin Yayınevi, Bursa.

[2] Aksu, C., Bayramoğlu, M.F. (2024), "Lojistik Firmalarının Finansal Performansının Electre Yöntemi ile Analizi", Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 20(ICMEB'24 Özel Sayı), ss. 154-174.

[3] Albayrak, A.S. (2014), "Otokorelasyon Durumunda En Küçük Kareler Tekniğinin Alternatifi Otoregresyon Teknikleri ve Bir Uygulama", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19(1), 1-20.

[4] Aydın, D.D. (2024), "Borsa İstanbul'da (BİST) İşlem Gören Lojistik Firmalarının Faaliyetlerinden Sağlanan Nakit Akışlarının Firma Performansına Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.

[5] Ayrıçay, Y., Kılıç, M. (2018), "Pazarlama Yoğunluğu ve Firma Performansı İlişkisi: BİST'de Bir Alan Araştırması", Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(1), ss. 177-191.

[6] Babacan, M. (2003), "Lojistik Sektörünün Ülkemizdeki Gelişimi ve Rekabet Vizyonu", Ege Akademik Bakış, 3(1), ss. 8-15.

[7] Ballou, H. R. (1999), "Business Logistics Management: Planning Organizing and Controlling The Supply Chain", Prentice Hall International.

[8] Breusch, T., Pagan, A. (1980), "The Lagrange Multiplier Test and Its Application to Model Specifications in Econometrics", Reviews of Economics Studies, 47, pp. 239-253.

[9] Cezlan, E. Ç. (2022), "Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Yeşil Tedarikçi Seçimi: Sağlık Sektöründe Bir Uygulama", Lojistik Dergisi, 55, ss. 39-52.

[10] Çevik, S., Kaya, S. (2010), "Türkiye'nin Lojistik Potansiyeli ve İzmir'in Lojistik Faaliyetleri Açısından Durum (SWOT) Analizi", İzmir Ticaret Odası, AR-GE Bülten. 2010 Kasım-Sektörel, ss. 22-28.

[11] Çıtak, L. (2015), "Pazarlama Yatırımlarının Finansal Performans Üzerindeki Etkisi ve Borsa İstanbul Kobi Sanayi Endeksi Firmalarının Etkinliklerinin Değerlendirilmesi", Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 45, ss. 49 – 68.

[12] Dikici, E. (2020), "Askeri Lojistiğin Optimizasyonu: Yazın Çalışması ve Çıkarımlar", Lojistik Dergisi, 51, ss. 14-27.

[13] Gujarati, D.N. (2003), "Basic Econometrics", Fourth Edition, New York: The McGraw-Hill.

[14] Gujarati,D. N., Porter, D. C. (2009), "Basic Econometrics", 5.ed. [y.y.] : The McGraw-Hill.

[15] Hausman, J.A. (1978), "Specification Tests in Econometrics", Econometrica, 46, pp. 1251-1271.

[16] Kaplan, B. (2019), "Türkiye' de Lojistik Sektörünün Dış Ticaret Üzerinde Etkileri (Otomotiv Endüstrisi Örneği)", Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çalışma İktisadı Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

[17] Karaca, S., Karaca, A. (2025), "Toptan ve Perakende Sektöründe Yer Alan Lojistik Firmalarının Verimlilik Değerlerinin Borsa Performans Değerlerine Etkisi", Verimlilik Dergisi, 59(2), ss. 355-370.

[18] Krishnan, H. A., Tadepalli, R. ve Park, D. (2009), "R&D Intensity, Marketing Intensity, and Organizational Performance", Journal of Managerial Issues, 21(2), pp. 232-244.

[19] Konak, F. (2015), "The Effects of Marketing Expenses on Firm Performance: Empirical Evidence from the BIST

Textile, Leather Index", Journal of Economics, Business and Management, 3(11), pp. 1068-1071.

[20] Külter, B., Demirgüneş, K. (2006), "Değer Temelli Pazarlama (Finansal Boyut ve Müşteri Boyutu)", Atatürk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 20(2), ss. 327-342.

[21] Markovitch, D.G., Huang, D., Ye, P. (2020), "Marketing Intensity and Firm Performance: Contrasting the Insights based on Actual Marketing Expenditure and its SG&A Proxy", Journal of Business Research, 118, pp. 223-239.

[22] Nath, P., Nachiappan, S., Ramanathan, R. (2010), "The İmpact of Marketing Capability, Operations Capability and Diversification Strategy on Performance: A Resource-Based View", Industrial Marketing Management, 39 (2), pp. 317-329.

[23] Öndeş, T., Levet, M. (2023), "Faaliyet Giderlerinin Firma Kârlılığına Etkisi: BIST 30 Endeksinde İşlem Gören Firmalar Üzerine Bir İnceleme", Maliye ve Finans Yazıları Dergisi, 119, ss. 77-96.

[24] Öztürk, E., Dülgeroğlu, İ. (2016), "Pazarlama ve Genel Yönetim Giderlerinin Firma Performansı Üzerindeki Etkisi", Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9(3), ss. 136-146.

[25] Rust, R. T., Ambler, T., Carpenter, G. S., Kumar, V., Srivastava, R. K. (2004), "Measuring Marketing Productivity: Current Knowledge and Future Directions", Journal of Marketing, 68(4), pp. 76-89.

[26] Shubia, M. F. (2023), "Relationship Between Marketing Strategy and Profitability in Industrial Firms: Evidence from Jordan", Innovative Marketing, 19(2), pp. 17-26.

[27] Tatoğlu, F. Y. (2021), "Panel Veri Ekonometrisi: Stata Uygulamalı", Beta Basım Yayın: İstanbul.

[28] Türkiye Muhasebe Standartları (TMS), www.kgk.gov.tr, Son erişim tarihi (02.02.2025).

[29] Van riest, S., Bun, M.J.G., Raaij, van E.M., Vernooij, M.J.A. (2009), "The Impact of Customer-Specific Marketing Expenses on Customer Retention and Customer Profitability", Marketing Letters, 20(2), 125-138.

[30] Yüksek, H., Kısakürek, M.M. (2023), "Faaliyet Giderleri ile Karlılık Arasındaki İlişki: BİST'te Bir Araştırma", Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 28(3), ss. 305-323.

Dr. Öğr. Üyesi Burcu KAYNAR BİLEN

Burcu KAYNAR BİLEN, Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü'nü 2002 yılında tamamladı. 2002 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. 2005 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim dalında yüksek lisans, 2011 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Bölümü Muhasebe Finans Bilim dalında doktora derecelerini aldı. 2013 yılından itibaren Afyon Kocatepe Üniversitesi Bolvadin Uygulamalı Bilimler Fakültesi Lojistik Yönetimi Bölümü'nde Dr. Öğretim Üyesi olarak çalışmaya devam etmektedir.

Dr. Öğr. Üyesi Tülay TELLİOĞLU

Tülay TELLİOĞLU, Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü'nü 1992 yılında tamamladı. 1992-1993 yılları arasında Konya'da 10 aylık bir süre içinde özel sektöre ait bir firmanın muhasebe bölümünde çalışmıştır. 1993 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. 1996 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim dalı Muhasebe-Finansman Bilim dalında yüksek lisans, 2002 yılında aynı üniversiteden doktora derecesini aldı. 2003 yılından itibaren Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü'nde Dr. Öğretim Üyesi olarak çalışmaya devam etmektedir. Uluslararası birçok kitap yayınlamış, ulusal ve uluslararası kongrelerde sunumlar yapmıştır.

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 101-111 ■ Aralık 2025

ARAŞTIRMA MAKALESİ

DEMİRYOLU SEKTÖRÜNDE SERMAYE YAPISININ FİNANSAL PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

İsmail Çağrı ÖZCAN

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Yönetimi Bölümü, Ankara, icozcan@aybu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3809-1847

ÖZET

Bazı yük taşımacılığı faaliyetleri dışında geleneksel olarak büyük oranda kamu sahipliğinde ve işletmeciliğinde olan demiryolu sektöründe faaliyet gösteren özel teşebbüs sayısı, özelleştirme ve serbestleşme eğilimleri sonrasında artış göstermiştir. Bu artış ise sermaye yapısı, finansal kaldıraç ve finansal performans gibi konularda sektördeki profesyoneller için yeni karar alma zorlukları getirmiş, akademisyenler için ise araştırma yapma imkanı sunmuştur. Bu makale, halka açık demiryolu şirketlerinin sermaye yapılarının karlılıkları ve piyasa değerleri üzerindeki etkisini tespit etmeyi amaçlamaktadır. 1989-2017 döneminde 16 ülkeden 40'ı halka açık toplam 62 demiryolu şirketi verisine dayanan ekonometrik analizlerin sonuçları, finansal kaldıraçtaki (kısa vadeli, uzun vadeli ve toplam finansal kaldıraç) artışın demiryolu şirketlerinin aktif karlılıklarını azaltmasına rağmen, toplam ve uzun vadeli kaldıraçtaki artışın şirketlerin piyasa değerlemesini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Demiryolu taşımacılığı, lojistik zincirinin temel bileşenlerinden biri olduğundan, elde edilen bulgular yalnızca demiryolu taşımacılığı için değil, lojistik sektörünün bütünü açısından da önemlidir. Özellikle çok modlu yük taşımacılığında bu sistemin temel direği olan demiryolu işletmelerinin finansal performansları, bütün lojistik operasyonlarının verimliliğini ve sürekliliğini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle çalışmadan elde edilen sonuçlar, lojistik sektöründe stratejik yatırım ve sermaye yapısı kararlarının şekillendirilmesinde önemli bir girdidir. Bu doğrultuda, sermaye yapısı ile finansal performans arasındaki ilişkinin doğru kavranması; rekabet gücünün artırılması ve sürdürülebilir büyümenin sağlanması açısından stratejik önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Demiryolu Ekonomisi, Demiryolu Sektörü, Finansal Kaldıraç, Finansal Performans, Lojistik Sektörü, Sermaye Yapısı.

THE EFFECT OF CAPITAL STRUCTURE ON FINANCIAL PERFORMANCE IN THE RAIL INDUSTRY

ABSTRACT

The number of private enterprises operating in the railway sector, which has traditionally been largely under public ownership and management except for some freight transportation activities, has increased following the privatization and deregulation trends. This increase has brought new decision-making challenges for professionals in the sector and provided researchers with opportunities for academic studies regarding capital structure, financial leverage, and financial performance. The aim of this article is to examine the effect of capital structure on profitability and market valuation in listed railway companies. Analyses conducted based on a sample of 62 railway companies (40 of which are publicly traded) from 16 countries covering the period 1989-2017 show that an increase in financial leverage (short-term, long-term, and total financial leverage) tends to decrease the companies' return on assets. However, we document a positive association between both total and long-term leverage and the market valuation of the companies. Since railway transportation is a fundamental component of the logistics chain, the findings are significant not only for railway transportation but also for the logistics sector as a whole. Especially in multimodal freight transportation, the financial performance of railway operators, which constitute the backbone of this system, directly affects the efficiency and continuity of flows across the entire logistics operation. Therefore, the results obtained from this study constitute an important input for shaping strategic investment and capital structure decisions in the logistics sector. Accordingly, a sound understanding of the relationship between capital structure and financial performance carries strategic importance for enhancing competitiveness and ensuring sustainable growth.

Keywords: Capital Structure, Financial Leverage, Financial Performance, Logistics Industry, Railway Economics, Rail Industry.

Yayın Künyesi: İ. Ç. ÖZCAN, "Demiryolu Sektöründe Sermaye Yapısının Finansal Performans Üzerindeki Etkisi", Lojistik Dergisi, Yıl 22, Sayı 62, Sayfa 101-111, Aralık 2025.

Makale Geçmişi: Geliş: 06.05.2025 / Kabul: 26.08.2025
Article History: Received: 06.05.2025 / Accepted: 26.08.2025

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 101-111 ■ Aralık 2025

1. GİRİŞ

Demiryolu işletmeciliği uzun yıllar boyunca kamu sahipliğinin ağırlıklı olarak hissedildiği ve piyasa mekanizmasının etkili olamadığı bir sektör olagelmiştir. Bu dönemde karlılık kamu sahipliğindeki demiryolu hizmet sunucularının öncelikli amaçlarından biri olmamış ve sürekli olarak yaşanan zararlar devlet hazinelerinden aktarılan sübvansiyonlar ve öz kaynak artışları ile karşılanmıştır. 1987 yılında Japan Milli Demiryolları ve 1994 yılında İngiltere Demiryolları özelleştirmelerinin belli başlı örnekler olarak verilebileceği küresel özelleştirme ve ticarileşme eğilimleri, yöneticilerin demiryolu kuruluşlarının finansal performanslarına daha fazla önem vermelerine neden olmuştur. Bu yeni dönemde özelleştirilen demiryolu şirketleri doğal olarak özel sektör zihniyetinde idare edilmeye başlanmış, kamu idaresinde kalan demiryolu kuruluşları ise artık daha otonom, karar alma süreçlerinde daha bağımsız, kar-zarar dengesine daha fazla önem veren, finansal performansı öncelikli şirket amaçları arasında görmeye ve ilgili finansal performans göstergelerini şeffaf bir şekilde kamuoyuyla paylaşmaya başlayan kuruluşlar haline gelmiştir.

Finansal performansın öne çıktığı bu yeni dönemde, gerek özelleştirilen gerekse de kamu sahipliğinde kalmakla birlikte daha ticari bir zihniyette faaliyet göstermeye başlayan demiryolu şirketleri finansman maliyetini azaltan ve finansal performansı artıran optimal seviyede bir sermaye yapısı arayışına girmiştir. Bu çalışma, demiryolu taşımacılığında yukarıda özetlenen değişimler çerçevesinde ilgili literatürdeki boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Daha somut ifade etmek gerekirse çalışmada, COVID-19 pandemisinin olası etkilerinin henüz ortaya çıkmadığı 1989-2017 dönemini kapsayan, 16 ülkeden 40'ı halka açık toplam 62 demiryolu şirketine ait veriler kullanılmakta ve incelenen şirketlerdeki sermaye yapısının aktif karlılığı, öz kaynak karlılığı ve piyasa değerlemesi üzerindeki etkisi ele alınmaktadır. Genelleştirilmiş en küçük kareler (GEKK) regresyonlarının sonuçları, finansal kaldıraçtaki (kısa vadeli, uzun vadeli ve toplam finansal kaldıraç) artışın demiryolu şirketlerinin aktif karlılıklarını azalttığını, ancak toplam ve uzun vadeli kaldıraçtaki artışın şirketlerin piyasa değerlemeleri üzerinde olumlu bir etkiye yol açtığını göstermektedir. Bu makalenin en önemli özgün değeri, özelleştirme ve ticarileşme eğilimleri sonrasında finansal performansın ve hesap verebilirliğin eskisinden çok daha önemli hale geldiği ve lojistik sektörünün en önemli bileşenlerinden biri olan demiryolu taşımacılığında sermaye yapısı-finansal performans ilişkisini ele alan literatürdeki çok az sayıdaki çalışmadan biri olmasıdır. Çalışma halka açık demiryolu şirketleri verilerine dayanıyor olmasına rağmen, sektördeki tüm demiryolu şirketleri için önemli bulgular ortaya koymaktadır. Bunun yanında, çalışmanın sonuçları demiryolu sektörünü düzenleyen kamu idareleri, kurumsal ve küçük yatırımcılar ve kreditörler gibi önemli paydaşları açısından da kritik sonuçlar sunmaktadır.

Dört bölümden oluşan bu çalışmanın ikinci bölümü ilgili literatürü taramakta, analizlerde kullanılan veri setini ve metodolojiyi açıklamaktadır. Üçüncü bölüm genelleştirilmiş en küçük kareler regresyonlarının sonuçlarını raporlamakta, son bölüm ise ekonometrik modellerin sonuçları doğrultusunda değerlendirmelere ve politika önerilerine yer vermektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI, METODOLOJİ VE VERİ SETİ

Sermaye yapısı, geleneksel olarak finans teorisinin en çok çalışılan konu başlıklarından biri olmuştur. Bu alandaki en temel çalışma olan Modigliani ve Miller (1958), vergi olmaması, işlem maliyeti olmaması, iflas maliyeti olmaması ve piyasa bilgilerinin simetrisi gibi bir dizi sınırlayıcı varsayım altında sermaye yapısı ile şirket değeri arasında bir bağlantı olmadığını savunmuştur. Sermaye yapısı üzerine Modigliani ve Miller (1958) ile başlayan tartışma daha sonra üç ana teori ile daha da çeşitlenmiştir. Bunlardan Finansman Hiyerarşisi Teorisi (Pecking order theory) şirketlerin finansman ihtiyaçlarını karşılarken öncelikle dağıtılmamış karları, ardından borçlanmayı ve en son olarak da öz kaynağı kullanmaları gerektiğini savunmaktadır. Buna karşın Ödünleşme Teorisi (Trade-off theory) şirketlerin artan borcun finansman maliyetiyle borcun sebep olduğu vergi avantajının denk olduğu noktaya kadar borçlanmaya devam etmelerini önerirken, Serbest Nakit Akış Teorisine (Free cash flow theory) göre yapılabilir yatırımların ihtiyaç duyacağı nakit seviyesinin üzerinde bir nakde sahip olan şirketlerde borçlanma tercih edilmelidir.

Ulaştırma sektörü, görece daha geç serbestleşen ve dolayısıyla da şirketleşmiş kamu/özel teşebbüs sayısının görece daha az olduğu bir sektör olması nedeniyle, sermaye yapısı üzerine yapılan akademik çalışmaların yoğunlaştığı bir alan olmamıştır. Bu

alanda analiz edilebilecek şirket sayısının nispeten daha fazla olması nedeniyle görece daha fazla çalışma yapılan ulaştırma türü havayolu ulaştırması olmuştur (Fernandes ve Capobianco, 2001; Capobianco ve Fernandes, 2004.; Malighetti vd., 2011; Pires ve Fernandes, 2012; Özcan, 2019). Demiryolu ulaştırmasındaki performans ölçümünü ele alan az sayıdaki çalışmaya bakıldığında ise, bu çalışmaların büyük bir kısmının finansal değişkenler yerine fiziksel parametreler kullandığı ve yöntem olarak da veri zarflama analizi (VZA) yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Bu gruptaki çalışmalara örnek olarak Slovak Cumhuriyeti'ndeki 28 demiryolu yük taşıma şirketinin performansını ölçen Mazanec (2018), altı Asya ülkesinden demiryolu şirketlerinin performansını ölçen Wanke vd. (2018) ve Tokyo'daki yedi adet kent içi demiryolu şirketinin performansını ölçen Le vd. (2022) ile, Türkiye'de Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları'nın performansını yine VZA ile ölçen Kazancıoğlu (2012), Perçin ve Çakır (2012) ve Yıldız (2023) verilebilir. Finansal performans özelinde bakıldığında ise literatürdeki tek çalışma, demiryolu şirketlerinin çevresel, sosyal ve yönetişim raporlamalarının finansal performans üzerindeki etkilerini tespit etmeyi amaçlayan Özcan (2021)'dır.

Şirketlerin sermaye yapıları ile ilgili kararlar, finans yöneticilerinin alması gereken en önemli kararlardan biridir. Bu çalışmanın amacı, 16 ülkeden toplam 62 demiryolu şirketinden meydana gelen bir veri seti yardımıyla, demiryolu sektöründe sermaye yapısının finansal performans üzerindeki etkisini tespit etmektir. Bu amaçla aşağıdaki model oluşturulmuştur:

Y = f (Finansal Kaldıraç, Şirket Büyüklüğü, Duran Varlık Yoğunluğu, Büyüme, Gecikmeli Bağımlı Değişken) **(1)**

(1) numaralı modelde Y demiryolu şirketlerinin finansal performanslarını temsil etmekte olup, Y için üç ayrı değişken kullanılmıştır. Bu üç değişkenden ikisi, şirketlerin bilanço ve gelir tablolarında yer alan veriler kullanılarak hesaplanan aktif karlılığı ve öz kaynak karlılığıdır. Literatürdeki benzer çalışmalarda en sık kullanılan karlılık değişkenleri olan aktif karlılığı ve öz kaynak karlılığı sırasıyla vergi öncesi karın toplam varlıklara oranı ve vergi öncesi karın öz kaynaklara oranı şeklinde hesaplanmıştır. (1) numaralı denklemde Y yerine kullanılan üçüncü ve son değişken ise öz kaynakların piyasa değerinin defter değerine oranıdır (PD/DD). Piyasa fiyatlamasına dayanan bir değişken olan PD/DD oranı, temelde şirket hisselerinin performansını ölçmeyi amaçlamaktadır.

Finansal kaldıraç bu çalışmanın asıl odaklandığı açıklayıcı değişen olup, analizlerde aşağıdaki üç farklı kaldıraç değişkeni kullanılmıştır:

- Toplam kaldıraç (toplam borcun toplam varlıklara oranı)
- Kısa vadeli kaldıraç (kısa vadeli borcun toplam varlıklara oranı)
- Uzun vadeli kaldıraç (uzun vadeli borcun toplam varlıklara oranı)

İlgili literatürde sermaye yapısının finansal performans üzerindeki etkisi üzerine birbirleriyle çelişen sonuçlar bulunmaktadır. Finansal kaldıraç ile firma performansı arasında ters yönlü bir ilişki olduğunu ortaya koyan çalışmalar arasında 1988-1994 döneminde Hindistan'da 1000'den fazla şirketi inceleyen Majumdar ve Chhibber (1999), 2003-2009 döneminde 36 adet mühendislik firması verisini kullanan Khan (2012), 2007-2012 döneminde Vietnam'da halka açık şirketleri ele alan Le ve Phan (2017) örnek olarak verilebilir. İkinci grupta ise, finansal kaldıracın şirketlerin karlılıklarını ve piyasa değerlemelerini olumlu yönde etkilediğini raporlayan Margaritis ve Psillaki (2007), Margaritis ve Psillaki (2010) ve Fosu (2013) örnek olarak verilebilir. Son grupta ise, finansal kaldıraç ile şirketlerin karlılıklarını ve piyasa değerlemeleri arasında kendi içinde çelişen sonuçlar elde eden çalışmalar yer almaktadır. Örneğin Gana'da 1998-2002 döneminde 22 halka açık şirket verisini kullanan Abor (2005), kısa vadeli borçların toplam sermayeye oranı ile EBIT/öz kaynak oranının aynı yönde, uzun vadeli borcun toplam sermayeye oranı ile EBIT/öz kaynak oranının zıt yönde hareket ettiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde 1997-2005 döneminde Mısır'da halka açık şirket verilerini kullanan El-Sayed Ebaid (2009), artan kısa vadeli borcun toplam varlıklara oranının aktif karlılığını azalttığını ancak öz kaynak karlılığını artırdığını göstermiştir. 1989-2003 döneminde Ürdün'den 167 şirketi inceleyen Zeitun ve Tian (2007) ise bir tarafta kısa vadeli, uzun vadeli ve toplam kaldıracın aktif karlılığı üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymakta, diğer tarafta artan uzun vadeli kaldıracın piyasa değerlemesini azaltıcı, artan kısa vadeli kaldıracın ise piyasa değerlemesini artırıcı bir etkiye yol açtığını göstermektedir. 2005–2019 döneminde Doğu Afrika'da halka açık finansal

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 101-111 ■ Aralık 2025

olmayan firmaları ele alan Priyan vd. (2024), kısa vadeli ve uzun vadeli borç oranlarındaki artışın aktif kârlılığı artırabildiğini, buna karşılık toplam borç oranının aktif kârlılığı azalttığını ortaya koymaktadır. Aynı çalışmada toplam borç oranının öz kaynak kârlılığı üzerinde pozitif, uzun vadeli borç oranının negatif, kısa vadeli borç oranının ise istatistiksel olarak anlamsız etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Yukarıda da özetlendiği üzere, finansal kaldıracın finansal performans üzerindeki etkisi ile ilgili olarak literatürde kendi içinde çelişen sonuçlar bulunmaktadır. Bu çalışmada, artan finansal kaldıracın demiryolu şirketlerinin karlılığı ve hisse senedi performansı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olması beklenmektedir.

Çalışmanın odak noktası olan finansal kaldıraç değişkenlerine ilave olarak birtakım kontrol değişkenleri de analizlere dahil edilmiş olup, bu kontrol değişkenlerinin ilki şirket büyüklüğüdür. Özellikle ölçek ekonomisinin geçerli olduğu sektörlerde, artan şirket büyüklüğünün finansal performansı artırması beklenir. Demiryolu hatları, lokomotifler, yük/yolcu vagonları ve yük/yolcu terminal binaları gibi oldukça büyük sabit sermaye yatırımı gerektiren demiryolu sektörünü de ölçek ekonomisinin geçerli olduğu ve bu nedenle de şirket büyüklüğü arttıkça finansal performansın da arttığı sektörler arasında saymak mümkündür. Mevcut literatür firma büyüklüğünün finansal performans üzerinde genelde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Alabdulkarim vd.. (2024), 2010-2019 döneminde Suudi Arabistan'da halka açık şirketleri ele aldıkları çalışmalarında, firma büyüklüğünün (toplam varlıkların logaritmik değeri) aktif karlılığı ve özkaynak karlılığı üzerinde olumlu etki gösterdiğini tespit etmiştir. Benzer şekilde, Hindistan BSE 100 firmalarını kapsayan bir çalışmada Bedi ve Singh (2024), firma büyüklüğünün aktif karlılığı ve piyasa değerlemesi üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. İlgili literatürde şirket büyüklüğü genellikle toplam varlıklar veya toplam satışlar yoluyla ölçülmekte olup, bu çalışmada demiryolu şirketlerinin büyüklüğü net satışlar (yüz milyon ABD doları cinsinden ve enflasyondan arındırılmış) yoluyla ölçülmüştür. Analizlerin sonucunda şirket büyüklüğü ile finansal performans arasında pozitif bir ilişki tespit edilmesi beklenmektedir.

(1) numaralı modelde kullanılan ikinci kontrol değişkeni duran varlık yoğunluğudur. Bir şirketin duran varlık yoğunluğu finansal performansı farklı şekillerde etkileyebilir. Vekalet teorisi açısından bakıldığında, daha yüksek duran varlık yoğunluğuna sahip şirketlerde vekalet maliyetleri düşüş eğilimine girmekte ve bu tür şirketler görece daha düşük duran varlık yoğunluğuna sahip şirketlere kıyasla daha kolay borçlanabilmektedir. Diğer yandan, daha yüksek duran varlık yoğunluğuna sahip şirketlerin ekonomik kriz dönemlerinde finansal esneklikleri azalmaktadır. Literatürde duran varlık yoğunluğu ile firma finansal performansı arasındaki ilişki bağlama göre değişkenlik göstermektedir. Priyan vd. (2024), Afrika borsalarında listelenen 31 finans dışı firmanın 2005-2019 dönemi verilerini ele aldıkları makalelerinde duran varlık oranının aktif karlılığı üzerinde pozitif ve anlamlı etkiye sahip olduğunu; öz kaynak karlılığı üzerinde ise çok daha güçlü ve pozitif etki gösterdiğini ortaya koymuştur. Buna karşın Alabdulkarim vd. (2024), Suudi Arabistan şirketlerinden oluşan bir veri seti kullanarak, duran varlık yoğunluğunun aktif karlılığı ve öz kaynak karlılığı üzerinden negatif etki gösterdiğini raporlamış olup, bu etkinin büyüklüğü şirket büyüklüğü arttıkça azalmaktadır. Alathamneh vd. (2025), ise Ürdün madencilik sektöründe duran varlık yoğunluğu ile aktif karlılığı arasında pozitif, duran varlık yoğunluğu ile Tobin Q arasında ise negatif bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada duran varlık yoğunluğu uzun vadeli varlıkların toplam varlıklara oranı şeklinde ölçülmekte olup, duran varlık yoğunluğu ile finansal performans arasında pozitif bir ilişki olması beklenmektedir.

Şirket büyümesi (1) numaralı modelde kullanılan diğer bir kontrol değişkenidir. İlgili literatürde şirket büyümesi genellikle şirket satışlarındaki büyüme (Abor, 2005; Zeitun ve Tian, 2007; Margaritis ve Psillaki, 2010; Fosu, 2013; Le ve Phan, 2017) ve varlıklardaki büyüme (Memon vd., 2012) ile ölçülmektedir. Bu çalışmada demiryolu şirketlerinin büyümesi ilgili literatürün büyük bir kısmı ile uyumlu olacak şekilde satışlardaki büyüme ile ölçülmekte olup, şirket büyümesi ile finansal performans arasında aynı yönlü bir ilişki bulunması beklenmektedir.

Analizlere dahil edilen son açıklayıcı değişken, bağımlı değişkenlerin gecikmeli değeridir. Bağımlı değişkenlerin gecikmeli değerinin açıklayıcı değişken olarak kullanımı otokorelasyon sorununu çözmek için kullanılmakta olup, bunun örneklerini sermaye yapısının şirketlerin finansal performansı üzerindeki etkilerini inceleyen bazı çalışmalarda (Fosu, 2013; Bandyopadhyay ve Barua, 2016; Le ve Phan, 2017; Özcan, 2019) görmek mümkündür.

Tablo 1: Analizlere Dahil Edilen Demiryolu Şirketleri

Demiryolu Şirketi	Ülkesi	Demiryolu Şirketi	Ülkesi
1. America Latina Logistica	Brezilya	32. Kobe Electric Railway	Japonya
2. Asciano	Avustralya	33. Korea Railroad	Güney Kore
3. Aurizon Holdings	Avustralya	34. Kowloon-Canton Railway	Hong Kong
4. Burlington Northern Santa Fe	ABD	35. Kyushu Railway	Japonya
5. BVZ Holding	İsviçre	36. London Birmingham Railway	Birleşik Krallık
6. Canadian National Railway	Kanada	37. London & South Eastern Railway	Birleşik Krallık
7. Canadian Pacific Railway	Kanada	38. Matterhorn Gotthard	İsviçre
8. Central Japan Railway	Japonya	39. MRS Logistica	Brezilya
9. Chichibu Railway	Japonya	40. MTR Corp	Hong Kong
10. City Greenwich Lewisham Rail Link	Birleşik Krallık	41. Nagoya Railroad	Japonya
11. CSX Corp	ABD	42. Nankai Electric Railway	Japonya
12. Daqin Railway	Çin	43. National Express Group	Birleşik Krallık
13. DB Schenker Rail UK	Birleşik Krallık	44. New Southern Railway	Birleşik Krallık
14. Docklands Light Railway	Birleşik Krallık	45. Nishi-Nippon Railroad	Japonya
15. East Japan Railway	Japonya	46. Norfolk Southern Corp	ABD
16. Firstgroup PLC	Birleşik Krallık	47. Odakyu Electric Railway	Japonya
17. Genesee & Wyoming	ABD	48. Pioneer Railcorp	ABD
18. Georgian Railway	Gürcistan	49. Providence & Worcester Railroad	ABD
19. Getlink SE	Fransa	50. Russian Railway	Rusya
20. Go-Ahead Group	Birleşik Krallık	51. Sanyo Electric Railway	Japonya
21. Grupo Mexico	Meksika	52. SEIBU Railway Co	Japonya
22. Guangshen Railway	Çin	53. Shin-Keisei Electric Railway	Japonya
23. Halang Railway	Vietnam	54. Southern Railway	Birleşik Krallık
24. Hanoi Railway Transport	Vietnam	55. Stagecoach Group PLC	Birleşik Krallık
25. Hanshin Electric Railway	Japonya	56. Tobu Railway Co	Japonya
26. Jungfraubahn Holding	İsviçre	57. Tokyu Corp Japan	Japonya
27. Kansai Rapid Railway	Japonya	58. TWC Enterprises	Kanada
28. Kansas City Southern	ABD	59. Ukrainian Railway JSC	Ukrayna
29. Keifuku Electric Railroad	Japonya	60. Union Pacific Corp	ABD
30. Keikyu Corp	Japonya	61. V-Sibpromtrans PJSC	Rusya
31. Keisei Electric Railway	Japonya	62. West Japan Railway	Japonya

Tablo 2: Ekonometrik Analizde Kullanılan Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	Tanım	İlişkinin Beklenen Yönü	Ortalama	Standart Sapma	En Düşük Değer	En Yüksek Değer
Aktif Karlılığı	Vergi öncesi kârın toplam varlıklara oranı		0,0467	0,0488	-0,3021	0,3204
Öz kaynak Karlılığı	Vergi öncesi kârın toplam öz kaynaklara oranı		0,1350	1,0955	-19,2917	12,9370
Piyasa Değerlemesi	Öz kaynakların piyasa değerinin defter değerine oranı (PD/DD)		2,4159	8,4834	-98,3667	111,6953
Toplam Kaldıraç	Yabancı kaynaklar toplamının toplam varlıklara oranı	-	0,6733	0,1941	0,0631	1,0409
Uzun Vadeli Kaldıraç	Uzun vadeli yabancı kaynaklar toplamının toplam varlıklara oranı	-	0,4569	0,1553	0	0,8504
Kısa Vadeli Kaldıraç	Kısa vadeli yabancı kaynaklar toplamının toplam varlıklara oranı	-	0,2165	0,1304	0,0212	0,6788
Şirket Büyüklüğü	Net satışlar (Yüz milyon ABD doları cinsinden, enflasyondan arındırılmış)	+	29,4549	32,4356	0	179,6021
Duran Varlık Yoğunluğu	Uzun vadeli varlıkların toplam varlıklara oranı	+	0,8390	0,0981	0,3700	0,9854
Büyüme	Satışlardaki yıllık büyüme oranı	+	1,1482	1,4803	0	33,97126

Tablo 3: Ekonometrik Analizde Kullanılan Değişkenlerin Korelasyon Matrisi

	Aktif Karlılığı	Özkaynak Karlılığı	Piyasa Değerlemesi (PD/DD)	Toplam Kaldıraç	Uzun Vadeli Kaldıraç	Kısa Vadeli Kaldıraç	Şirket Büyüklüğü	Duran Varlık Yoğunluğu	Büyüme
Aktif Karlılığı	1,0000	-	-	-	-	-	-	-	-
Özkaynak Karlılığı	0,0714	1,0000	-	-	-	-	-	-	-
Piyasa Değerlemesi (PD/DD)	0,0107	0,8329	1,0000	-	-	-	-	-	-
Toplam Kaldıraç	-0,3564	-0,0115	0,1243	1,0000	-	-	-	-	-
Uzun Vadeli Kaldıraç	-0,3235	0,0283	0,0718	0,7441	1,0000	-	-	-	-
Kısa Vadeli Kaldıraç	-0,1463	-0,0508	0,0999	0,6055	-0,0811	1,0000	-	-	-
Şirket Büyüklüğü	0,0492	0,0275	0,0280	0,2717	0,4617	-0,1446	1,0000	-	-
Duran Varlık Yoğunluğu	-0,1394	-0,0068	-0,0837	-0,2266	0,2994	-0,6948	0,2634	1,0000	-
Büyüme	-0,0174	-0,0008	0,0007	0,0228	0,0063	0,0265	-0,0095	-0,0571	1,0000

Tablo 4: Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Regresyonlarının Sonuçları

	Aktif Karlılığı (1)	Aktif Karlılığı (2)	Aktif Karlılığı (3)	Özkaynak Karlılığı (4)	Özkaynak Karlılığı (5)	Özkaynak Karlılığı (6)	Piyasa Değerlemesi (PD/DD) (7)	Piyasa Değerlemesi (PD/DD) (8)	Piyasa Değerlemesi (PD/DD) (9)
Toplam Kaldıraç	-0,0486*** (6,15)	-	-	-0,0626 (0,39)	-	-	4,9860*** (2,87)	-	-
Kısa Vadeli Kaldıraç	-	-0,0478*** (3,19)	-	-	-0,4655 (1,54)	-	-	5,3611 (1,64)	-
Uzun Vadeli Kaldıraç	-	-	-0,0529*** (5,42)	-	-	0,1086 (0,54)	-	-	5,9601*** (2,61)
Şirket Büyüklüğü	0,0001*** (2,83)	0,0001* (1,93)	0,0001*** (2,73)	0,0012 (1,33)	0,0012 (1,32)	0,0010 (1,18)	0,0045 (0,43)	0,0139 (1,41)	0,0033 (0,31)
Duran Varlık Yoğunluğu	-0,0546*** (5,05)	-0,0745*** (4,60)	-0,0126 (1,13)	-0,9028*** (4,00)	-1,2510*** (3,85)	-0,9288*** (3,93)	-5,6451* (1,65)	-3,7828 (0,85)	-10,6126*** (3,21)
Büyüme	-2,02e-07 (1,57)	-1,74e-07 (1,33)	-1,81e-07 (1,40)	-1,04e-06 (0,38)	-1,19e-06 (0,44)	-9,17e-07 (0,34)	0,4216 (1,29)	0,4106 (1,25)	0,4255 (1,30)
Aktif Karlılığının Gecikmeli Değeri	0,4890*** (18,62)	0,5156*** (19,65)	0,5068*** (19,64)	-	-	-	-	-	-
Özkaynak Karlılığının Gecikmeli Değeri	-	-	-	-0,1440*** (4,71)	-0,1431*** (4,69)	-0,1432*** (4,68)	-	-	-
Piyasa Değerlemesi (PD/DD) Gecikmeli Değeri	-	-	-	-	-	-	-0,0681* (1,96)	-0,0654* (1,87)	-0,0629* (1,81)
Sabit değer	0,0959*** (8,11)	0,0904*** (5,54)	0,0517*** (5,89)	0,9130*** (3,89)	1,2632*** (3,93)	0,8479*** (4,70)	3,3693 (1,00)	3,7385 (0,88)	8,1964*** (2,98)
Wald Testi	545,55	504,68	533,06	34,90	37,19	35,04	20,62	14,98	19,20
Prob > Chi2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,001	0,0105	0,0018
Şirket Sayısı	62	62	62	62	62	62	40	40	40
Gözlem Sayısı	1027	1027	1027	1019	1019	1019	782	782	782

Not: (1) t ve z-istatistikleri parantez içinde gösterilmiştir,
(2) ***, ** ve * sırasıyla 1%, 5% ve 10% anlamlılık seviyelerini ifade etmektedir.

Lojistik Dergisi ■Yıl 22 ■Sayı 62 ■Sayfa 101-111 ■Aralık 2025

Bu çalışmada, bağımlı değişkenlerin bir yıl gecikmeli değerlerinin bağımlı değişkenler üzerinde pozitif bir etkiye sahip olması beklenmektedir.

Analizlerde COVID-19 pandemisinin olası etkilerinin henüz ortaya çıkmadığı 1989-2017 dönemini kapsayan, 16 ülkeden 40'ı halka açık toplam 62 demiryolu şirketine ait veriler kullanılmış olup, bu şirketler Tablo 1'de gösterilmiştir. Ekonometrik modellemelere dahil edilen veriler Bloomberg veri tabanından temin edilmiştir. Kullanılan değişkenlerin tanımları ve açıklayıcı istatistikleri Tablo 2'de gösterilmektedir. Tablo 2'de gösterilen değerlere göre, veri setinde yer alan ortalama bir halka açık demiryolu şirketinin aktif karlılığı %4,7, öz kaynak karlılığı %13,5, PD/DD oranı 2,42 ve toplam finansal kaldıraç oranı %67,3 seviyesinde gerçekleşmiştir.

Tablo 3, analizlerde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki korelasyon katsayılarını göstermektedir. Aynı ekonometrik modelde yer almayan değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları değerlendirme dışı tutulduğunda (öz kaynak karlılığı ile PD/DD arasındaki korelasyon katsayısı gibi), Tablo 3'te raporlanan en yüksek korelasyon katsayısı 0,6948'dir. Analizlerde çoklu eşdoğrusallığı test etmek amacıyla değişkenlerin varyans genişlik faktörleri hesaplanmış olup, en yüksek varyans genişlik faktörü 1,18, ortalama varyans genişlik faktörü ise 1,11 olmuştur. Hesaplanan bu en yüksek ve ortalama varyans genişlik faktörlerine bakarak, açıklayıcı değişkenler arasındaki korelasyonun kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığını söylemek mümkündür.

3. AMPİRİK SONUÇLAR

GEKK regresyonunun sonuçları Tablo 4'te gösterilmektedir. Tablodaki dokuz sütun, toplam kaldıraç, kısa vadeli kaldıraç ve uzun vadeli kaldıraç için ayrı ayrı olmak üzere her bir bağımlı değişken için sırasıyla finansal kaldıraç ile aktif karlılığı, öz kaynak karlılığı ve piyasa değerlemesi (PD/DD) arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

Finansal kaldıracın aktif karlılığı üzerindeki etkisine bakıldığında, toplam, kısa vadeli ve uzun vadeli kaldıracın aktif karlılığı üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu görülmekte olup, bu etki istatistiksel olarak anlamlıdır. Daha somut bir ifadeyle, diğer değişkenler sabitken, toplam, kısa vadeli ve uzun vadeli kaldıraçtaki her bir birimlik artış aktif karlılığını 0,049, 0,048 ve 0,053 birim azaltmaktadır ve tüm bu sonuçlar %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

Finansal kaldıracın aktif karlılığı üzerindeki etkisine benzer bir etki, finansal kaldıraç ile öz kaynak karlılığı arasında tespit edilmemiştir. Tablo 4'ün 4, 5 ve 6 numaralı sütunlarında görüldüğü üzere, sırasıyla toplam, kısa vadeli ve uzun vadeli kaldıraç öz kaynak karlılığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip değildir.

Tablo 4'ün 7, 8 ve 9 numaralı sütunları, toplam, kısa vadeli ve uzun vadeli kaldıracın PD/DD oranı üzerindeki etkisini göstermektedir. GEKK regresyonlarının sonuçları, toplam ve uzun vadeli finansal kaldıracın PD/DD oranı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Buna göre, diğer değişkenlerin sabit kalması kaydıyla, toplam ve uzun vadeli kaldıraçtaki her bir birimlik artış piyasa değerlemesini ölçmek üzere kullandığımız PD/DD oranını sırasıyla 4,99 ve 5,96 birim artırmaktadır ve bu sonuçlar %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

Tablo 4'te sonuçları raporlanan GEKK regresyonlarında modellere dahil edilen kontrol değişkenleri için de bazı ilginç bulgular elde edilmiştir. Buna göre demiryolu şirketlerinin net satışları yoluyla ölçülen şirket büyüklüğü 1, 2 ve 3 numaralı modellerde aktif karlılığını olumlu yönde etkilemektedir. Daha somut ifade etmek gerekirse, demiryolu şirketlerinin satışlarında yaşanan her 100 Milyon ABD Dolarlık artış aktif karlılığını 0,0001 puan artırmaktadır ve bu sonuç istatistiksel olarak anlamlıdır. Benzer şekilde duran varlık yoğunluğu ile kullanılan tüm finansal performans değişkenleri arasında (3 ve 9 numaralı sütunlar hariç) negatif bir ilişki tespit edilmiş olup, bu ilişki istatistiksel olarak anlamlıdır. Buna göre duran varlık yoğunluğundaki her bir 0,1 puanlık artış aktif karlılığını 0,005-0,007 aralığında, öz kaynak karlılığını 0,090-0,125 aralığında, PD/DD oranını ise 0,565-1,061 aralığında azaltmaktadır.

Son açıklayıcı değişken olan bağımlı değişkenlerin gecikmeli değerlerinin katsayılarına bakıldığında, bu değişkenler ile bağımlı değişkenler arasında %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki olduğu görülmektedir.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu makale, demiryolu sektöründe sermaye yapısının finansal performans üzerindeki etkisini tespit etmeyi amaçlamaktadır. Analizlerde 1989-2017 dönemini kapsayan, 16 ülkeden 40'ı halka açık toplam 62 demiryolu şirketine ait finansal veriler kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, toplam, kısa vadeli ve uzun vadeli finansal kaldıraçta meydana gelen bir artış demiryolu şirketlerinin aktif karlılığını azaltırken, toplam ve uzun vadeli finansal kaldıraç artışı piyasa değerlemesi (PD/DD) üzerinde pozitif bir etkiye sahiptir. Analizlerin sonuçları, aktif karlılığı ve piyasa değerlemesi (PD/DD) üzerindeki bu etkilerin %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir.

Artan finansal kaldıracın demiryolu şirketlerinin aktif karlılığını azalttığını ortaya koyan sonuçlar, finansal kaldıraç ile şirket karlılığı arasındaki ters yönlü ilişkiyi vurgulayan finansman hiyerarşisi teorisi ile (Myers ve Majluf, 1984), artan kaldıracın demiryolu şirketlerinin değerlemesini artırdığını ortaya koyan sonuçlar ise sinyalizasyon teorisi (signalling theory) ile uyumludur. Literatür incelemesinde de değinildiği üzere, finansal kaldıracın hem şirket karlılığı hem de şirket değerlemesi üzerindeki etkisi konusunda bir uzlaşıya varılamamıştır. Zira ilgili literatür incelediğinde, artan finansal kaldıracın hem pozitif hem de negatif etkilerini gösteren çok sayıda çalışma göze çarpmaktadır. Nitekim bu çalışmada da tüm finansal kaldıraç değişkenlerinde yaşanan bir artış aktif karlılığını azaltırken, toplam ve uzun vadeli finansal kaldıraç artışı piyasa değerlemesini (PD/DD) olumlu etkilemektedir.

İlgili literatür incelendiğinde Zeitun ve Tian (2007) tarafından benzer bir sonuca ulaşıldığı görülmektedir. Anılan çalışmanın sonuçlarına göre Ürdün'den 167 adet şirkette kısa vadeli kaldıraçtaki artış aktif karlılığını azaltırken piyasa değerlemesinin ölçmekte kullanılan PD/DD oranını artırmaktadır. Finansal kaldıraçtaki artışın aktif karlılığı ve PD/DD oranı üzerinde zıt yönlü etkilere yol açmasının aslında çok mantıklı bir açıklaması bulunmaktadır. Artan finansal kaldıraç değişkenlerinin aktif kârlılığı azaltırken toplam ve uzun vadeli kaldıracın piyasa değerlemesini artırması, demiryolu sektörü açısından zamanlama ve beklenti temelli bir ayrışmaya işaret etmektedir. Aktif karlılığı geçmiş dönem performansına dayanırken, piyasa fiyatlaması daha çok geleceğe dönük beklentileri baz almaktadır. Dolayısıyla eğer piyasalar demiryolu şirketlerinin geleceğe dönük performansının geçmişteki karlılığa göre daha iyi olacağı beklentisine sahipse, şirketlerin PD/DD oranları yükselmektedir.

Bu çalışmanın en öne çıkan özgün değeri, literatürde çok az ele alınmış olan ve özelleştirme ve ticarileşme eğilimleri sonrasında finansal performansın ve hesap verebilirliğin eskisinden çok daha önemli hale geldiği demiryolu sektöründe sermaye yapısı-finansal performans ilişkisini ele almasıdır. Bu çalışma demiryolu sektörü bazında sermaye yapısının karlılık ve piyasa değerlemesi üzerindeki etkisini ele alan literatürdeki ilk çalışmalardan biri olup, elde edilen bulgular demiryolu şirketleri için oldukça önemlidir. Bu bulgulara göre demiryolu şirketlerinin finansmandan sorumlu üst yöneticileri, aktif karlılığı açısından daha yüksek finansal kaldıraçtan kaçınmalı, piyasa değerlemesi açısından ise daha yüksek finansal kaldıracı tercih etmelidir. Operasyonel açıdan bakıldığında, aktif karlılığı bazında negatif kaldıraç etkisine giren ve borçlanma maliyetleri bu borçla alınan varlıkların getirisinden daha yüksek olan demiryolu şirketleri yüksek maliyetli borçlarını özsermaye artırımı veya düşük faizli kredilerle yapılandırarak finansal yükünü hafifletmeli; eş zamanlı olarak da elindeki lokomotif ve vagon gibi varlıkların verimliliğini artırmaya gayret etmelidir. Bunun yanında sermaye piyasalarının olumlu değerlendirdiği altyapı projeleri hızla tamamlanıp operasyonel kâr üretmeye başlanmalıdır.
Diğer taraftan demiryolu şirketleri, uzun vadeli varlıkların toplam varlıklara oranına eşit olan duran varlık yoğunluğu değerlerini azaltmalı, aktif karlılığı açısından bakıldığında ise satışlarını artırma çabası içine girmelidir. Artan duran varlık yoğunluğunun performansı azaltması, demiryolu şirketlerinin uzun vadeli varlıkların toplam varlıklar içindeki payını azaltmaya yönelik aktif portföy yönetimi, varlık optimizasyonu ve leasing gibi uygulamalara yönelmeleri gerektiğine işaret etmektedir. Daha somut ifade etmek gerekirse, çalışmanın sonuçlarına göre şirketler lokomotif ve vagon parkını satın almak yerine kiralama yoluna giderek aktif karlılık ve piyasa değerlemesinde olumlu sonuçlar yakalayabilir.

Çalışmanın piyasa değerlemesini ele alan kısmı halka açık demiryolu şirketleri verilerine dayanıyor olmasına rağmen, analizlerin sonuçları sektördeki tüm demiryolu şirketleri için önemli bulgular ortaya koymaktadır. Kullanılan veri setinde ülkemizden bir şirket yer almamaktadır. Ancak raporlanan

sonuçların Türkiye'de de geçerli olduğu varsayımında, Türk demiryolu şirketlerinin yukarıda özetlenen adımları atmaları halinde karlılıklarını artıracağını söylemek mümkündür. İlerleyen dönem Türk demiryolu şirketlerinin halka açılması durumunda da yine yukarıda önerilen adımları takip etmelerinin piyasa değerlemeleri üzerinde olumlu bir etkiye yol açması beklenmektedir. Bunun yanında, çalışmanın sonuçları demiryolu sektörünün önemli paydaşları açısından da kritiktir. Demiryolu sektörünü düzenleyen kamu otoriteleri sektörle ilgili karar alma süreçlerinde bu çalışmanın sonuçlarından faydalanabilir. Raporlanan sonuçlar halka açık demiryolu şirketlerine yatırım yapanlara veya bu şirketlere borç veren kreditörlere de yardımcı olabilecek niteliktedir.

Demiryolu sektörünün yük taşımacılığı, yolcu taşımacılığı, hızlı tren işletmeciliği gibi alt segmentlerinde sermaye yapısı ve finansal performans ilişkisi gelecekte ele alınabilecek ve bu çalışmanın sonuçlarını tamamlayacak bir araştırma konusu olarak önerilmektedir. Diğer taraftan karayolu, denizyolu ve havayolu yük taşımacılığı yapan şirketleri, depolama ve dağıtım hizmeti sağlayıcıları, üçüncü taraf lojistik (3PL) ve dördüncü taraf lojistik (4PL) şirketleri ve multimodal taşımacılık şirketleri gibi lojistik sektörünün diğer aktörlerinden gelen verilerle analizleri zenginleştirmek mümkündür.

KAYNAKLAR

[1] Abor, J. (2005), "The Effect of Capital Structure on Profitability: An Empirical Analysis of Listed Firms in Ghana", The Journal of Risk Finance, 6(5), pp. 438-445.

[2] Alabdulkarim, N., Kalyanaraman, L., Alhussayen, H. (2024), "The İmpact of Firm Size on the Relationship Between Leverage and Firm Performance: Evidence from Saudi Arabia", Humanities and Social Sciences Communications, 11(1), pp. 1–12.

[3] Alathamneh, M., Obeidat, M. I., Almomani, M. A., Almomani, T. M., Darkal, N. (2025), "The Mediating Role of Profitability in the Impact Relationship of Assets Tangibility on Firm Market Value". Journal of Risk and Financial Management, 18(2), pp. 104.

[4] Bandyopadhyay, A., Barua, N. M. (2016), "Factors Determining Capital Structure and Corporate Performance in India: Studying The Business Cycle Effects", The Quarterly Review of Economics and Finance, 61, pp. 160-172.

[5] Bedi, A., Singh, B. (2024), "Exploring the Impact of Carbon Emission Disclosure on Firm Financial Performance: Moderating Role of Firm Size", Management Research Review, 47(11), pp. 1705–1721.

[6] Capobianco, H. M. P., Fernandes, E. (2004), "Capital Structure in the World Airline İndustry", Transportation Research Part A: Policy and Practice, 38(6), pp. 421-434.

[7] El-Sayed Ebaid, I. (2009), "The Impact of Capital-Structure Choice on Firm Performance: Empirical Evidence from Egypt", The Journal of Risk Finance, 10(5), pp. 477-487.

[8] Fernandes, E., Capobianco, H. M. P. (2001), "Airline Capital Structure and Returns", Journal of Air Transport Management, 7(3), pp. 137-142.

[9] Fosu, S. (2013), "Capital Structure, Product Market Competition and Firm Performance: Evidence from South Africa", The Quarterly Review of Economics and Finance, 53, pp. 140-151.

[10] Kazancıoğlu, F. (2012), "Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları İşletmesinin Performans Değerlendirmesi", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 27(1), pp. 219-228.

[11] Khan, A. G. (2012), "The Relationship of Capital Structure Decisions with Firm Performance: A Study of the Engineering Sector of Pakistan", International Journal of Accounting and Financial Reporting, 2(1), pp. 245-262.

[12] Le, T. P. V., Phan, T. B. N. (2017), "Capital Structure and Firm Performance: Empirical Evidence from a Small Transition Country", Research in International Business and Finance, 42, pp. 710-726.

[13] Majumdar, S. K., Chhibber, P. (1999), "Capital Structure and Performance: Evidence from a Transition Economy on an Aspect of Corporate Governance", Public Choice, 98(3-4), pp. 287-305.

[14] Malighetti, P., Meoli, M., Paleari, S., Redondi, R. (2011), "Value Determinants in the Aviation Industry", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 47(3), pp. 359-370.

[15] Margaritis, D., Psillaki, M. (2007), "Capital Structure and Firm Efficiency", Journal of Business Finance & Accounting, 34(9-10), pp. 1447-1469.

[16] Margaritis, D., Psillaki, M. (2010), "Capital Structure, Equity Ownership and Firm Performance", Journal of Banking & Finance, 34(3), pp. 621-632.

[17] Memon, F., Bhutto, N. A., Abbas, G. (2012), "Capital Structure and Firm Performance: A Case of Textile Sector of Pakistan", Asian Journal of Business and Management

Sciences, 1(9), pp. 9-15.

[18] Modigliani, F., Miller, M. H. (1958), "The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment", The American Economic Review, 48(3), pp. 261-297.

[19] Myers, S. C., Majluf, N. S. (1984), "Corporate Financing and Investment Decisions When Firms Have Information That Investors Do Not Have", Journal of Financial Economics, 13(2), pp. 187-221.

[20] Özcan, İ. Ç. (2019), "Capital Structure and Firm Performance: Evidence from the Airport Industry", European Journal of Transport and Infrastructure Research, 19(3), pp. 177-195.

[21] Özcan, İ. Ç. (2021), "Environmental, Social, and Governance Disclosure and Financial Performance: Evidence from the Rail Industry", In Sustainability reporting, ethics, and strategic management strategies for modern organizations, IGI Global, pp. 244-253.

[22] Perçin, S., Çakır, S. (2012), "Demiryollarında Süper Etkinlik Ölçümü: Türkiye Örneği", Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 27(1), pp. 29-45.

[23] Pires, H. M., Fernandes, E. (2012), "Malmquist Financial Efficiency Analysis for Airlines", Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 48(5), pp. 1049-1055.

[24] Priyan, P. K., Nyabakora, W. I., Rwezimula, G. (2024), "Firm's Capital Structure Decisions, Asset Structure, and Firm's Performance: Application of the Generalized Method of Moments Approach", PSU Research Review, 8(3), pp. 813-827.

[25] Yıldız, R. (2023), "Performance Evaluation in Railway Transport: The case of Europe and Türkiye", Verimlilik Dergisi, 57(4), pp. 609-622.

[26] Zeitun, R., Tian, G. G. (2007), "Capital Structure and Corporate Performance: Evidence from Jordan", The Australasian Accounting Business & Finance Journal, 1(4), pp. 40-61.

Doç. Dr. İsmail Çağrı ÖZCAN

İsmail Çağrı ÖZCAN, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Havacılık Yönetimi Bölümü'nde Doçent olarak görev yapmaktadır. Üniversitedeki görevinden önce Savunma Sanayii Müsteşarlığı'nda ve Devlet Planlama Teşkilatı'nda görev yapmıştır. Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği lisansının ardından, Hacettepe Üniversitesi'nde İşletme alanında yüksek lisans ve doktora derecelerini almış; University of California, Los Angeles'da Kamu Politikası (ulaştırma politikası) alanında yüksek lisans eğitimini ve University of Illinois Urbana-Champaign'de ulaştırma altyapıları ve hizmetlerinin ekonomik ve sosyal etkileri üzerine doktora sonrası çalışmalarını tamamlamıştır. Yirmi yılı aşkın süredir ulaştırma ekonomisi, altyapı finansmanı, lojistik, sürdürülebilir ulaşım, iklim ve afet politikaları ve kamu yatırımları alanlarında çalışmaktadır. İslam Kalkınma Bankası, COMCEC, UNDP ve Avrupa Birliği tarafından finanse edilen çeşitli projelerde danışman olarak görev almıştır. Çok sayıda ulusal ve uluslararası dergide yayımlanmış makaleleri, kitap bölümleri ve raporları bulunan İsmail Çağrı ÖZCAN, 10. ve 12. Kalkınma Planları kapsamında oluşturulan Lojistik Hizmetlerinin Geliştirilmesi Özel İhtisas Komisyonlarında sırasıyla koordinatörlük ve başkanlık görevlerini yürütmüştür.

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 112-123 ■ Aralık 2025

ARAŞTIRMA MAKALESİ

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TÜRKİYE LİMANLARINDA ELLEÇLENEN KONTEYNER TALEBİNİN TAHMİNİ: ULUSLARARASI TİCARET PERSPEKTİFİNDEN UYGULAMALI BİR MODEL

Elif Meryem YURDAKUL ŞİPAL

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Yenipazar Meslek Yüksekokulu, Yenipazar/Aydın,
eyurdakul@adu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7397-9606

ÖZET

Küresel ticaretin büyük ölçüde denizyolu taşımacılığına dayanması, liman altyapısının etkin kullanımını ve konteyner talebinin doğru tahmin edilmesini stratejik öneme sahip hâle getirmiştir. Geleneksel tahmin yöntemlerinin sınırlı doğruluk sağlaması, özellikle ekonomik dalgalanmalara duyarlı sektörlerde, yapay zekâ temelli yaklaşımları ön plana çıkarmaktadır. Bu çalışma, Türkiye limanlarında uluslararası ticarete konu olan konteyner talebini Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi ile tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada 2013:01–2025:08 dönemine ait veriler kullanılmış; Sanayi Üretim Endeksi, reel efektif döviz kuru, enflasyon, faiz oranı, Brent petrol fiyatı, OECD Sanayi Üretim Endeksi ve Baltık Kuru Yük Endeksi bağımsız değişkenler olarak modele dâhil edilmiştir. Veriler min-max yöntemiyle normalize edilmiş, ardından ileri beslemeli YSA mimarileri farklı katman ve nöron sayılarıyla test edilmiştir. En yüksek performans, tansig transfer fonksiyonuna sahip, 3 katmanlı ve her katmanda 10 nöron bulunan yapıyla elde edilmiştir. Bu yapı ile MAPE %3,01 ve MSE değeri 0,01 olarak bulunmuştur. Türkiye limanlarında elleçlenen uluslararası konteyner talebini en iyi tahmin eden Yapay Sinir Ağı mimarisi belirlendikten sonra aynı mimari ile 2025:09 döneminden itibaren 7 aylık talep tahmin edilmiştir. Elde edilen bulgular, YSA yönteminin konteyner talep tahmininde yüksek doğruluk sağladığını ve lojistik planlamada etkin biçimde kullanılabileceğini göstermektedir. Model, liman işletmecileri ve politika yapıcılar için kapasite planlamasında ve yatırım kararlarında önemli bir karar destek aracı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Denizyolu Taşımacılığı, Uluslararası Ticaret, Yapay Sinir Ağları.

FORECASTING CONTAINER DEMAND IN TURKISH PORTS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS: AN APPLICABLE MODEL FROM AN INTERNATIONAL TRADE PERSPECTIVE

ABSTRACT

The fact that global trade relies heavily on maritime transport has made the effective use of port infrastructure and accurate forecasting of container demand strategically important. The limited accuracy of traditional forecasting methods, especially in sectors sensitive to economic fluctuations, has brought artificial intelligence-based approaches to the forefront. This study aims to forecast the demand for containers involved in international trade at Turkish ports using the Artificial Neural Networks (ANN) method. Data from the period 2013:01–2025:08 was used in the study; the Industrial Production Index, real effective exchange rate, inflation, interest rate, Brent oil price, OECD Industrial Production Index, and Baltic Dry Index were included in the model as independent variables. The data were normalized using the min-max method, and then feedforward ANN architectures with different numbers of layers and neurons were tested. The highest performance was achieved with a 3-layer architecture with 10 neurons in each layer and a tangent transfer function. With this architecture, MAPE was found to be 3.01% and MSE was found to be 0.01. After determining the Artificial Neural Network architecture that best predicted the international container demand handled at Turkish ports, the same architecture was used to forecast demand for 7-month periods starting from 2025:09. The findings show that the ANN method provides high accuracy in container demand forecasting and can be effectively used in logistics planning. The model provides an important decision support tool for port operators and policymakers in capacity planning and investment decisions.

Keywords: Maritime Transport, International Trade, Artificial Neural Networks.

Yayın Künyesi: E. M. YURDAKUL ŞİPAL, "Yapay Sinir Ağları ile Türkiye Limanlarında Elleçlenen Konteyner Talebinin Tahmini: Uluslararası Ticaret Perspektifinden Uygulamalı Bir Model", Lojistik Dergisi, Yıl 22, Sayı 62, Sayfa 112-123, Aralık 2025.

Makale Geçmişi: Geliş: 04.07.2025 / Kabul: 28.09.2025
Article History: Received: 04.07.2025 / Accepted: 28.09.2025

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 112-123 ■ Aralık 2025

1. GİRİŞ

Uluslararası ticaretin yaklaşık %90'ı denizyolu taşımacılığı ile gerçekleştirilmekte olup, bu taşıma modu lojistik sistemin en temel unsurlarından biri haline gelmiştir (Ceylan, 2020). Düşük maliyet, yüksek taşıma kapasitesi ve uzun mesafe avantajı, denizyolu taşımacılığını diğer taşıma türlerine göre daha cazip kılmakta ve küresel mal hareketliliğinde merkezi bir rol üstlenmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda, limanlar yalnızca birer aktarma noktası değil, aynı zamanda ekonomik büyümenin ve dış ticaretin anahtarı konumundadır. Limanlarda gerçekleşen yük elleçleme işlemleri arasında konteyner taşımacılığı hem hacimsel büyüklüğü hem de yüksek katma değeri nedeniyle ayrı bir öneme sahiptir.

Konteyner taşımacılığı, sanayi ürünleri, yarı mamuller, gıda, tekstil ve teknoloji gibi geniş bir ürün yelpazesi için hızlı, güvenli ve standartlaştırılmış bir taşıma çözümü sunmaktadır. Türkiye'de de bu gelişim paralelinde konteyner taşımacılığına olan talep artmakta; bu durum limanların altyapısal planlaması ve kapasite yönetimini önemli hale getirmektedir. Türkiye'de Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği'nin (UTİKAD) 2024 yılı Lojistik Sektörü Raporuna göre 2023 yılı ithalat yüklerinin ağırlık bazında %93,42'si ve ihracat yüklerinin %78,88'i denizyolu aracılığıyla taşınmıştır. Limanlarımızda elleçlenen yükler arasında konteyner, toplam ihracat yüklemesinde %36, ithalat boşaltmasında ise %19'lik bir paya sahiptir (UTİKAD, 2023).

Konteyner talebinin doğru tahmini, liman işletmecileri, kamu kurumları ve özel sektör lojistik aktörleri için yatırım planlaması, altyapı geliştirme ve kapasite yönetimi gibi kararların sağlıklı biçimde alınmasını mümkün kılar. Ancak konteyner talebi, ekonomik büyüme, dış ticaret hacmi, enerji fiyatları, döviz kuru gibi birçok makroekonomik değişkenle etkileşim içerisindedir. Bu nedenle doğrusal tahmin yaklaşımları genellikle karmaşık ve dalgalı yapıdaki lojistik talebi tam olarak açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu noktada yapay zekâ temelli modeller, özellikle doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilme kapasiteleri sayesinde literatürde daha sık tercih edilmeye başlamıştır (Haykin, 2005; Ataseven, 2013).

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin çalışma sisteminden esinlenerek geliştirilen ve geçmiş verilerden öğrenerek tahminler üretebilen bir yapay zekâ yöntemidir. Literatürde son dönemde yapılan çalışmalar (Gökkuş vd., 2017; Özdemir, 2021; Kılınç vd., 2022), YSA'nın konteyner ve yük talebi tahmininde yüksek doğruluk sunduğunu ve geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında daha esnek ve etkili sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Bu çalışma, Türkiye'de limanlarda elleçlenen uluslararası konteyner talebini YSA yöntemi ile tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Literatürdeki benzer çalışmalardan farklı olarak modele OECD Sanayi Üretim Endeksi ve Baltık Kuru Yük Endeksi gibi dışsal ve küresel göstergeler dâhil edilerek, uluslararası ticaret dinamiklerinin konteyner talebi üzerindeki etkisi daha bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır. Bu iki gösterge, yalnızca Türkiye ekonomisini değil, küresel üretim ve taşımacılık trendlerini de yansıttığı için tahmin modelinin öngörü gücünü artırmaktadır.

Çalışmanın sonunda geliştirilen modelin elde ettiği yüksek doğruluk oranları, konteyner talebinin tahmininde YSA'nın uygulanabilirliğini ortaya koymakta; bu durum da sektörel aktörler için etkin ve veri temelli bir karar destek sistemi oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Bu bağlamda, çalışma hem akademik literatüre katkı sağlamakta hem de lojistik sektörü uygulayıcıları için işlevsel bir model sunmaktadır.

Makalenin planı şu şekildedir. Giriş bölümünde çalışma motivasyonu ve amacı belirtildikten sonra ikinci bölümde konuyla ilgili literatürdeki çalışmalar özetlenerek makalenin yazına katkısı vurgulanmıştır. Üçüncü bölümde uygulanan metodoloji ve dördüncü bölümde elde edilen bulgular verilmiştir. Son bölümde çalışmanın genel değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Konteyner taşımacılığı, uluslararası ticaretin ve lojistik zincirlerinin etkinliğini doğrudan etkileyen bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Bu çerçevede, konteyner talebinin doğru bir şekilde tahmin edilmesi, liman yatırımlarının planlanması ve kaynakların etkin kullanımı açısından kritik önemdedir. Literatürde bu tahmin süreci hem geleneksel ekonometrik modeller hem de yapay zekâ temelli yöntemlerle ele alınmıştır.

Geleneksel ekonometrik modeller ile gerçekleştirilen ilk kuşak çalışmalarda, konteyner talebi çoğunlukla regresyon modelleri üzerinden tahmin edilmiştir. Chou, Cu ve Liang (2008), 1989-2001 dönemi Tayvan verilerini kullanarak dış ticaret konteyner talebini

hem klasik hem de modifiye regresyon yöntemleri ile incelemişlerdir. GSYH, kişi başına GSYH, nüfus, sanayi üretim endeksi ve sektörel GSYH verileri gibi makroekonomik göstergeler bağımsız değişken olarak modele dâhil edilmiştir. Yazarlar, modifiye regresyon yönteminin daha yüksek tahmin doğruluğu sunduğunu belirtmişlerdir. Türkiye limanlarına odaklanan çalışmalardan Akar ve Esmer (2015), 1998-2018 dönemi verileriyle çoklu regresyon modeli kullanarak limanlardaki konteyner talebini GSYİH, dış ticaret hacmi, yük elleçleme miktarı ve nüfus değişkenleriyle tahmin etmişlerdir. Gelecek dönemlerde limanlarda kapasite sorunu yaşanmayacağı sonucuna ulaşmışlardır. Benzer biçimde Doğusel (2021), 2009-2021 verileriyle Kocaeli limanlarındaki yük talebini GSYİH, ihracat, ithalat ve nüfus değişkenleri üzerinden çoklu regresyon yöntemiyle analiz etmiş, kısa vadede kapasite problemi beklenmediğini ifade etmiştir.

Gemlik Körfezi limanlarını ele alan Kayıran ve Saatçioğlu (2022), 2004-2021 dönemine ait verilerle ihracat, ithalat ve nüfus değişkenlerini kullanarak çoklu doğrusal regresyon modeli kurmuş ve 2026 yılı itibarıyla bölgedeki limanlarda kapasite sıkıntısı yaşanabileceğini öngörmüşlerdir. Lee ve Bang (2024), çalışmalarında Singapur limanı konteyner talebini tahmin etmişlerdir. SARIMAX yönteminin kullanıldığı çalışmada konteyner talebinin belirleyicileri olarak ihracat ve petrol fiyatları kullanılmıştır. Yazarlar iki değişken ile konteyner talebi tahmininde, doğruluk düzeyi yüksek sonuçlar elde edildiğini ifade etmişlerdir.

Yapay zekâ tekniklerinin liman talep tahminine uygulanması son yıllarda giderek yaygınlaşmıştır. Bu yaklaşımlar, doğrusal olmayan ilişkileri modelleme gücü sayesinde literatürde giderek daha fazla tercih edilmektedir. Gökkuş, Yıldırım ve Aydın (2017), Türkiye'de İstanbul, İzmir ve Mersin limanlarına ilişkin konteyner hacmini tahmin etmek amacıyla YSA, genetik algoritmalar, çoklu doğrusal olmayan regresyon ve destek vektör makineleri (SVR) gibi dört farklı yöntem kullanmıştır. Karşılaştırmalı analiz sonucunda SVR yönteminin YSA'ya kıyasla daha güvenilir sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Tsai ve Huang (2017), Asya limanları üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, GSYH, ihracat ve ithalat değerlerini girdi olarak kullanarak konteyner talebini YSA yöntemiyle tahmin etmişlerdir. YSA'nın tahmin doğruluğunun yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Özdemir (2021), Türkiye limanlarındaki konteyner talebini 2005-2018 dönemi için YSA, Box-Jenkins ve üstsel düzleştirme yöntemleri ile analiz etmiş ve YSA'nın en yüksek doğrulukla sonuç üreten yöntem olduğunu belirtmiştir.

Kılınç, Karaatlı ve Ömürbek (2022), 2004-2020 döneminde Türkiye genelindeki limanlar için konteyner ve yük hacimlerini YSA ile tahmin etmişlerdir. Döviz kuru, GSYH, sanayi üretim endeksi gibi makroekonomik göstergeler ile geliştirilen modellerin, gerçek değerlere yakın sonuçlar ürettiği ifade edilmiştir.

Melez ve alternatif yöntemlerle yapılan tahmin çalışmalarda ise Güzey ve Akansel (2019), Türkiye limanlarında toplam yük talebini (konteyner, genel kargo ve araç) tahmin etmek üzere sekiz farklı yöntemi karşılaştırmış; istatistiksel ve makine öğrenmesi tabanlı tahmin tekniklerini birlikte ele almışlardır. Multiplicative Holt-Winters yönteminin diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek performans gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır. Altın ve Çelik Eroğlu (2020), Antalya Limanı için gri tahmin ve Box-Jenkins yöntemlerini karşılaştırmalı olarak uygulamışlardır. 2008-2017 dönemini kapsayan çalışmada, her iki yöntemin performans kriterlerine göre farklı sonuçlar verdiği ve yönteme özgü tahmin avantajlarının bulunduğu vurgulanmıştır.

Tablo 1'de literatürde yer alan çalışmalar karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Literatürdeki çalışmalar, konteyner talebinin tahminine ilişkin üç temel yaklaşımın öne çıktığını göstermektedir: geleneksel ekonometrik modellemeler, yapay zekâ destekli tahminler ve melez yöntemler. Geleneksel yöntemler daha çok açıklayıcı güç üzerinden değerlendirilirken, YSA gibi teknikler tahmin doğruluğu açısından öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye limanlarında konteyner talebinin tahmininde doğrusal olmayan ilişkileri yakalayabilme kapasitesiyle YSA önemli bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Çalışma Türkiye'de limanlarda elleçlenen uluslararası konteyner talebini YSA Yöntemiyle tahmin ederek literatüre üç açıdan katkı sunmaktadır. İlk olarak Türkiye literatüründe konteyner talebi tahminleri çoğunlukla ulusal makro değişkenlere dayanırken, bu çalışmada OECD Sanayi Üretim Endeksi ve Baltık Kuru Yük Endeksi gibi uluslararası ticaret döngülerini yansıtan göstergeler modele entegrasyon edilmiştir. Böylece hem yerel hem küresel dinamikleri aynı anda

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 112-123 ■ Aralık 2025

Tablo 1: Literatüre İlişkin Karşılaştırmalı Tablo

Yazar	Ülke	Dönem	Yöntem	Değişkenler
Chou, Cu ve Liang (2008)	Taiwan	1989-2001	Klasik ve Modifiye Regresyon	Konteyner hacmi, nüfus, IPI, GSYH, kişi başına GSYH.
Akar ve Esmer (2015)	Türkiye (limanlar)	1998-2018	Çoklu Regresyon	Elleçlenen konteyner, GSYH, dış ticaret, nüfus.
Gökkuş, Yıldırım ve Aydın (2017)	Türkiye (İstanbul, İzmir, Mersin)	2016-2023	YSA, Genetik Algoritma, Doğrusal Olmayan Çoklu Regresyon, En Küçük Kareler Destek Vektör Makinesi	Elleçlenen Konteyner, GSYH, ihracat, nüfus.
Tsai ve Huang (2017)	Asya	1995-2010	YSA	GSYH, ihracat, ithalat, konteyner sayısı.
Güzey ve Akansel (2019)	Türkiye	2012-2018	Sekiz yöntem Multiplicative Holt-Winters dâhil	Elleçlenen konteyner.
Altın ve Çelik Eroğlu (2020)	Türkiye (Antalya Limanı)	2008-2017	Gri Tahmin Modeli ve Box-Jenkins (ARIMA)	Elleçlenen konteyner.
Doğusel (2021)	Türkiye (Kocaeli Limanı)	2009-2021	Çoklu Regresyon	GSYH, ihracat, ithalat, nüfus.
Özdemir (2021)	Türkiye	2005-2018	Üstsel Düzleştirme, Box-Jenkins, YSA	Elleçlenen konteyner.
Kayıran ve Saatçioğlu (2022)	Türkiye (Gemlik Limanı)	2004-2021	Çoklu Doğrusal Regresyon	Elleçlenen konteyner, ihracat, ithalat, nüfus.
Kılınç, Karaatlı ve Ömürbek (2022)	Türkiye	2004-2020	ANN (NARX model)	Döviz kuru, GSYH, Tüketici Güven Endeksi, Brent, ihracat, ithalat, IPI
Akkan ve Çalışır (2022)	Türkiye	2004-2021	Zaman Serileri	Elleçlenen Konteyner
Lee ve Bang (2024)	Singapur	2010-2021	SARIMAX	Elleçlenen Konteyner, ihracat, petrol fiyatı.

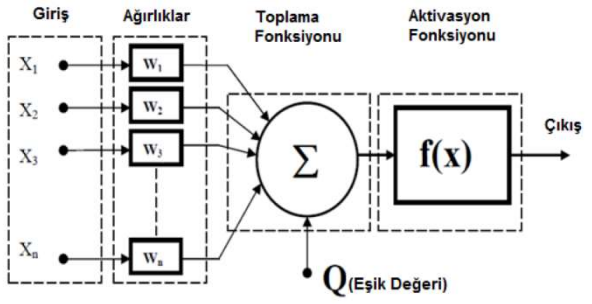
dikkate alan daha bütüncül bir çerçeve sunulmuştur. İkinci olarak önceki çalışmalarda çoğunlukla tek bir ANN yapısı kullanılırken, bu çalışmada farklı aktivasyon fonksiyonları, katman kombinasyonları ve öğrenme algoritmaları detaylı şekilde test edilmiş; konteyner talebi için en uygun mimarinin nasıl seçildiği adım adım gösterilmiştir. Son olarak literatürde birçok çalışma test verisi performansıyla sınırlıyken, bu çalışma ağın eğitim sırasında hiç görmediği yeni girdiler kullanarak ileri dönem (tahminleri üretmiştir. Bu durum modelin gerçek tahmin kapasitesini uygulamalı olarak göstermektedir. Türkiye limanları için kapsamlı ve güncel bir tahmin çerçevesi sunulmuştur. 2013–2025 dönemini kapsayan geniş veri setiyle geliştirilen model, Türkiye'de lojistik planlama için doğrudan kullanılabilir bir karar destek mekanizması sağlamaktadır.

3. METODOLOJİ

Yapay zekanın bir kolu olan YSA, insan beyninin çalışma şeklini taklit eden bir makine öğrenme yöntemidir. Çalışma prensibi, canlılardaki öğrenme yönteminde olduğu gibi kendisine verilen bilgiyi öğrenme, öğrendiği tecrübelerle olası durumlara karşı sonuç üretme şeklindedir. YSA yöntemi öğrenebilme, genelleme yapabilme yeteneklerinden dolayı diğer alanlarda olduğu gibi tahmin yapma konusunda da ampirik çalışmalarda kullanılmaktadır (Ataseven, 2013). Sosyal bilimlerde de uygulama alanı bulan YSA, geleneksel tahmin yöntemlerine kıyasla değişkenlerin dağılımları ve bunların karşılıklı ilişkileri hakkında herhangi bir hipoteze gerek duymaz (Franco ve Santurro, 2021). Karmaşık doğrusal olmayan ilişkileri etkili bir şekilde ele alan güçlü bir makina öğrenme modeli olan YSA, verilerdeki karmaşık kalıpları öğrenerek, çeşitli veri dağılımlarına ve karmaşık ilişkilere uyum sağlayabilir (Zheng vd, 2024). İnsan beyninin biyolojik sinir hücresinden oluşturulan sinir hücresi birbiriyle bağlantılı beş elemandan oluşmaktadır; giriş, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkış (Sarker, 2021).

Şekil 1'de yapay bir sinir hücresinin matematiksel temsiline yer verilmektedir. Girdiler (X_1, X_2, X_3, ..., X_n), dış çevreden alınan verileri bir sonraki işlem

basamağına aktaran bileşenlerdir (Elmas, 2003). Ağırlıklar (W_1, W_2, ..., W_n) ise, her bir girdinin ağ üzerindeki etkisini belirleyen katsayılar olup, YSAnın öğrenme süreci bu ağırlıkların güncellenmesi yoluyla gerçekleştirilmektedir (Karahan, 2011). Toplama fonksiyonu, aynı zamanda birleştirme fonksiyonu olarak da adlandırılmakta olup, her bir girdinin kendi ağırlığıyla çarpılması sonucu elde edilen değerlerin toplamını ifade eder (Haykin, 2005). Bu toplam, aktivasyon fonksiyonu aracılığıyla işlenerek ağın çıktısını oluşturur (Öztemel, 2006). Aktivasyon fonksiyonu, ağın girdileri ile çıktıları arasında bir dönüşüm sağlayarak öğrenme sürecinde kritik bir rol üstlenir. YSA literatüründe yaygın olarak kullanılan aktivasyon fonksiyonları arasında doğrusal aktivasyon fonksiyonu (purelin), logaritmik sigmoid aktivasyon fonksiyonu (logsig) ve hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu (tansig) yer almaktadır. Girdiler ile çıktılar arasında doğrusal bir ilişki söz konusuysa purelin, doğrusal olmayan bir ilişki durumunda ise logsig veya tansig fonksiyonlarının tercih edilmesi önerilmektedir (Jang vd., 1997; Demuth vd., 2008).



Şekil 1: Yapay Sinir Hücresinin Matematiksel İfadesi (Yüksek, 2006)

YSA bağlantı modeline dayalı olarak ileri beslemeli ve geri beslemeli YSA olarak iki türlüdür. İleri beslemeli ağlar girdi katmanı (input layer), gizli katman (hidden layer) ve çıktı katmanından (output layer) oluşur. Ağa gelen veri girdi katmanından sonra gizli katmana oradan da çıktı katmanına ulaşır. Gizli katman sayısı değişebilir (Gupta, 2013). Geri beslemeli yapay sinir ağında ise çıktı katmanı ve gizli katmanlardan giriş birimine veya önceki ara katmanlara geri besleme yapılmaktadır (Abiodun, 2018).

YSA'nda en iyi sonucu ortaya koyabilme öğrenme algoritması ile gerçekleşir. Diğer bir ifade ile girdi katmanından ağa sunulan veriler ile en iyi çıktının elde edilebilmesi öğrenme yöntemi ile belirlenir. Literatürde ağın öğrenmesinde danışmanlı ve danışmansız öğrenme olarak iki yöntem kullanılır. Danışmanlı öğrenmede sisteme bir çıktı verisi sunulur ve en yakın tahmini göstermesi istenir. İstenilen sonucun elde edilip edilmediği performans kriterlerine göre belirlenir. Ağa sunulan değerler ile ağın ürettiği değer arasındaki hata minimize edilene kadar eğitime devam edilir. Danışmansız öğrenme de ise ağa sadece örnek veriler sunulur ve beklenen çıktı bilgisi istenir (Dongare vd., 2012).

YSA ile tahminleme yapılırken uygulamada, veriler ağa sunulmadan önce normalleştirilir ve ağ mimarisinin (öğrenme yöntemi, aktivasyon fonksiyonu, öğrenme kuralı, katman sayısı ve katmanlardaki nöron sayısı) seçimi belirlenir. Verilerin normalleştirilmesi veri setindeki değerlerin dağılımının düzenlenmesidir. Literatürde verilerin normalleştirilmesi için min-max kuralı, medya, sigmoid ve z skore gibi yöntemler kullanılır (Yavuz ve Deveci, 2012). Literatürde en fazla kullanılan yöntem, verileri (0-1) aralığında düzenleyen min-max kuralıdır. Normalleştirme için aşağıdaki formül kullanır:

$$Y_{normalize} = (Y_{veri} - Y_{min}) / (Y_{max} - Y_{min}) \quad (1)$$

Denklem 1'de $Y_{normalize}$ verinin normalleştirilmiş halini, Y_{max} değişkene ait veri sütunundaki en yüksek değeri, Y_{min} ise sütundaki en düşük değeri ifade etmektedir. Verilerin normalleştirilmesi sonrasında ağ mimarisinin seçimi kullanıcıya bırakılmaktadır. Dolayısıyla gerçekleşen değerler ile tahmini değerler arasındaki en uygun mimarinin belirlenmediği konusunda, test sonuçları performans kriterleri dikkate alınarak karar verilir. Literatürde sıklıkla kullanılan performans ölçüm yöntemleri Ortalama Hata (ME), Ortalama Hata Kareleri (MSE), Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (RMSE), Ortalama Mutlak Hata (MAE) yöntemleridir (Yurtoğlu, 2005). Çalışmada tahmin değerlerinin doğruluğunda MAPE ve MSE yöntemleri kullanılmıştır. Matematiksel ifadeleri aşağıdaki gibidir.

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum \left| \frac{e_t}{y_t} \right| * 100 \quad (2)$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (y_i - \hat{y})^2 \quad (3)$$

Denklem 2 ve Denklem 3'te yer alan ifadelerde, n veri sayısını, e_t ise t zaman dilimi için hesaplanan tahmin hatasını temsil etmektedir. Y_t gerçek değeri, "$\hat{y}$" ise tahmin edilen değeri göstermektedir.

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 112-123 ■ Aralık 2025

MAPE (Mean Absolute Percentage Error) istatistiği, tahmin hatalarını yüzde cinsinden ifade etmesi nedeniyle sıkça tercih edilen bir değerlendirme kriteridir. Oransal bir ölçüt olması, MAPE'nin farklı tahmin modelleri arasında karşılaştırma yapma açısından avantaj sağlamasına neden olmuş ve bu yönüyle diğer hata ölçütlerine göre üstün kabul edilmiştir. MAPE değerlerinin yorumu literatürde belirli eşik değerler çerçevesinde yapılmaktadır. Buna göre, %10'un altında kalan MAPE değerleri, tahmin modelinin "yüksek doğruluk" düzeyine sahip olduğunu; %10 ile %20 arasında kalan değerler ise modelin "tatmin edici" düzeyde doğru tahminler ürettiğini göstermektedir (Çuhadar ve Güngör, 2009). Diğer yandan, MSE (Mean Squared Error) değeri, tahmin hatalarının karesinin ortalamasını ifade eder. Bu değerin sıfıra ne kadar yakın olduğu, ilgili yapay sinir ağının o ölçüde başarılı bir şekilde eğitildiğini göstermektedir.

4. VERİ SETİ VE ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmada 2013:01-2025:08 dönemine ait makro ekonomik değişkenler ile YSA yöntemi kullanılarak limanlarımızda elleçlenen uluslararası ticaret (ihracat yükleme ve ithalat boşaltma) konteyner talebi tahmin edilmiş ve performans ölçütleri kullanılarak gerçek veriler ile tahmini veriler karşılaştırılmıştır. Kullanılan değişkenlere ilişkin bilgiler aşağıdaki gibidir:

Tablo 2: Çalışmada Kullanılan Değişkenler

Değişken	Kaynak
Limanlarımızda elleçlenen uluslararası konteyner	Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı
Döviz kuru	TCMB EVDS
Sanayi Üretim Endeksi	TCMB EVDS
Enflasyon	TCMB EVDS
Faiz oranı	TCMB EVDS
Brent Petrol Fiyatları	TCMB EVDS
Baltık Kuru Yük Endeksi	www.investing.com
OECD Sanayi Üretim Endeksi	OECD

Tahminleme sürecinde MATLAB R2018b yazılımı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan aylık veri seti 2013:01–2025:08 dönemini kapsamaktadır (n = 151 gözlem). Yapay sinir ağına veri sunulmadan önce, ham veriler Microsoft Excel ortamında min-max normalizasyon yöntemi ile ölçeklendirilmiştir. Çalışmada MATLAB Neural Network Toolbox üzerindeki nntool arayüzü kullanılarak sinir ağı modeli oluşturulmuştur. nntool'un varsayılan ayarı gereği veri seti, zaman düzeni korunmaksızın rastgele olarak eğitim (%70), doğrulama (%15) ve test (%15) alt kümelerine ayrılmıştır. Bu yaklaşım, MATLAB'ın feed-forward yapılar için önerdiği standart veri bölme yöntemidir (random division). Eğitim sürecinde MATLAB'in yerleşik early stopping mekanizması etkin hâlde olup, doğrulama hatası artmaya başladığında eğitim otomatik olarak durdurulmuştur. Bu yaklaşım aşırı uyumu (overfitting) engellemek amacıyla tercih edilmiştir.

Konteyner talebine yönelik en uygun yapay sinir ağı mimarisinin belirlenebilmesi amacıyla çeşitli ağ yapıları test edilmiştir. Tüm denemelerde ağ türü olarak ileri beslemeli yapay sinir ağı (feedforward neural network) tercih edilmiştir. Eğitim sürecinde iki farklı algoritma değerlendirilmiştir: Geri Yayılma Öğrenme Kuralı (traingdm) ve Levenberg-Marquardt Öğrenme Kuralı (trainlm). Çeşitli katman ve nöron kombinasyonları denenerek en yüksek tahmin başarımını sağlayan ağ mimarisi tespit edilmeye çalışılmıştır. Modelin performans değerlendirmesinde; Ortalama Kare Hata (MSE) ve R Değeri doğrudan MATLAB yazılımından elde edilmiştir ve virgülden sonra iki basamakla kısıtlanmıştır. Diğer taraftan, Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) ise modelin tahmini çıktılarına dayanarak Excel ortamında hesaplanmıştır. En uygun ağ mimarisinin belirlenmesi için ileri beslemeleri yapay sinir ağı seçimi sonrası ilk aşama, programda transfer fonksiyonu seçimi için denemeler yapılmıştır.

Başlangıçta, daha sonraki denemelere öncülük etmesi amacıyla 2 katmanlı ve katmanlarında 1, 3, 5 ve 10 nöron bulunan modellere yönelik sonuçlar Tablo 3'de gösterilmiştir. R değeri, MSE ve MAPE performans ölçütleri dikkate alınarak incelediğinde en yüksek R değeri ve en düşük MSE ve MAPE değerlerinin elde edildiği transfer fonksiyonu tansig transfer fonksiyonudur. Transfer fonksiyonu belirlendikten sonra katman sayısı belirlenmesi ile denemeler devam edilmiştir.

Tablo 4'te geri yayılma öğrenme kuralı (traingdm) ile 2, 3, 4, 5, 6 katmanlı katmanlarında 10 nöron bulunan mimari denemeleri sonuçları gösterilmektedir. Performans ölçütleri dikkate alındığında en iyi tahmini değer sonucunu elde eden 2 katmanlı (d13) denemedir. 2 katmanlı ve katmanlarında 10'ar nöron bulunan

ağ'da R değeri 0,84, MSE değeri 0,06 ve MAPE değeri 5,93 bulunmuştur. En uygun mimari için katman sayısı belirlendikten sonra katmanlardaki nöron sayısının belirlenmesi için denemelere devam edilmiştir.

Tablo 5'de 2 katmanlı denemeler gösterilmektedir. Nöron sayıları 1'den 6'ya kadar değiştirilerek en uygun mimari belirlenmeye çalışılmıştır. 21. denemede MSE değeri 0,04, MAPE değeri ise 5,28 olarak sonuçlanmıştır. Traingdm öğrenme kuralı ile MSE değeri düşmüş olmasına rağmen MAPE değeri hala istenilen seviyeye ulaşılamamıştır.

Bu nedenle öğrenme kuralı değiştirilerek denemelere devam edilmiştir.

Tablo 3: Transfer Fonksiyonu Denemeleri

Deneme No	Katman Sayısı	Nöron Sayısı	Transfer Fonksiyonu	R	MSE	MAPE
d1	2	1	Tansig-Tansig	0,82	0,17	7,69
d2	2	3	Tansig-Tansig	0,79	0,22	14,97
d3	2	5	Tansig-Tansig	0,58	0,20	12,79
d4	2	10	Tansig-Tansig	0,77	0,11	8,54
d5	2	1	Logsig-Logsig	0,22	0,24	37,18
d6	2	3	Logsig-Logsig	0,41	0,14	18,43
d7	2	5	Logsig-Logsig	0,79	0,20	8,42
d8	2	10	Logsig-Logsig	0,69	0,09	14,80
d9	2	1	Purelin-Purelin	0,10	0,06	14,54
d0	2	3	Purelin-Purelin	0,81	0,21	6,84
d11	2	5	Purelin-Purelin	0,30	0,53	4,57
d12	2	10	Purelin-Purelin	0,40	0,35	6,42

Tablo 4: İleri Beslemeli Ağ, Tansig Transfer Fonk., Öğrenme Kuralı Traingdm, Katman Sayısı Denemeleri

Deneme No	Katman Sayısı	Nöron Sayısı	R	MSE	MAPE
d13	2	10	0,84	0,06	5,93
d14	3	10-10	0,82	0,20	6,02
d15	4	10-10-10	0,85	0,12	6,50
d16	5	10-10-10-10	0,77	0,19	7,54
d17	6	10-10-10-10-10	0,24	0,21	11,53

Tablo 5: İleri Beslemeli Ağ, Tansig Transfer Fonk., Öğrenme Kuralı Traingdm, 2 Katmalı Denemeler

Deneme No	Katman Sayısı	Nöron Sayısı	R	MSE	MAPE
d18	2	1-1	0,18	0,21	14,13
d19	2	2-2	0,10	0,11	12,20
d20	2	4-4	0,80	0,25	7,11
d21	2	5-5	0,87	0,04	5,28
d22	2	6-6	0,84	0,16	6,48

Tablo 6: İleri Beslemeli Ağ, Tansig Transfer Fonk., Öğrenme Kuralı Trainlm, Katman Sayısı Denemeleri

Deneme No	Katman Sayısı	Nöron Sayısı	R	MSE	MAPE
d23	2	10	0,94	0,16	3,63
d24	3	10-10	0,94	0,01	3,34
d25	4	10-10-10	0,91	0,21	3,47
d26	5	10-10-10-10	0,93	0,40	3,78
d27	6	10-10-10-10-10	0,93	0,20	3,97

Tablo 6 ve Tablo 7'de öğrenme kuralı Levenberg-Marquardt Öğrenme Kuralı (trainlm), aktivasyon fonksiyonu tansig olan önce katman sayısının sonra da nöron sayısının belirlenmesine yönelik denemeler gerçekleştirilmiştir. Tablo 5'de katman sayısı 2'den 6'ya ve nöron sayıları 10 olan denemeler yapılmıştır. Deneme 24 incelendiğinde MAPE değerlerinin öğrenme kuralı Geri Yayılma Öğrenme Kuralı (traingdm) denemelerine göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. d24 nolu denemede 3 katmanlı, nöron sayısı 10 olan mimarinin MSE ve MAPE değerlerinin en düşük düzeyde olduğu görülmüştür. Daha iyi sonuçların elde edilmesi olasılığına karşılık Tablo 6'da 3 katmanlı nöron sayıları değiştirilerek denemelere devam edilmiştir.

Tablo 7: İleri Beslemeli Ağ, Tansig Transfer Fonk., Öğrenme Kuralı Trainlm, 2 Katmalı Denemeler

Deneme No	Katman Sayısı	Nöron Sayısı	R	MSE	MAPE
d28	3	1	0,92	0,13	3,86
d29	3	2	0,94	0,17	3,50
d30	3	3	0,93	0,17	3,81
d31	3	4	0,90	0,15	4,84
d32	3	5	0,91	0,18	5,70
d33	3	6	0,92	0,06	4,02
d34	3	7	0,91	0,23	3,38
d35	3	8	0,93	0,17	3,82
d36	3	9	0,92	0,18	3,92

Tablo 7'de 3 katmanlı ve nöron sayıları 1'den 9'a kadar gerçekleştirilen deneme sonuçları gözlemlenmektedir.

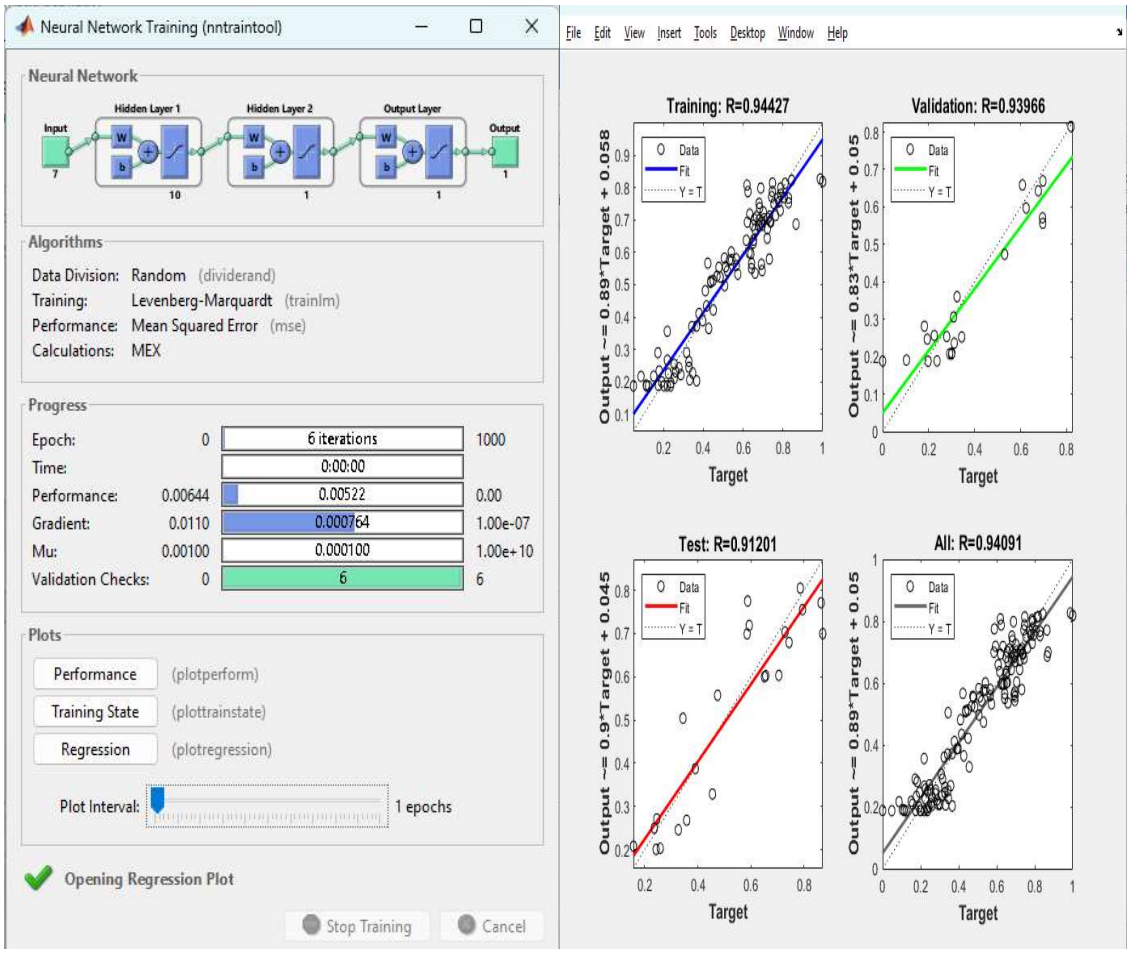
Tablo 6'daki sonuçlarla kıyaslandığında daha iyi sonuçlar elde edilememiştir. Denemelerin tamamı göz önünde bulundurulduğunda öğrenme kuralı Levenberg-Marquardt (trainlm), aktivasyon fonksiyonu tansig olan 7 girdili, 3 katmanlı, katmanlarında 10 nöron bulunan Yapay Sinir Ağı mimarisi Türkiye'de limanlarda elleçlenen uluslararası konteyner talebinin tahmininde en uygun mimaridir denilebilir.

Şekil 2'de en iyi mimariye ilişkin eğitim sonucu ekran görüntüleri yer almaktadır. Sol taraftaki görüntü 24 nolu denemeye ait mimari (7 girdi, 1 çıktılı, 3 katmanlı, 10 nöronlu ağ) ve 1000 iterasyon sonucu MSE değerinin (0.01) ekran görüntüsüdür. Sağ tarafta ise yine 24 nolu denemeye ait R değerinin gösterimidir.

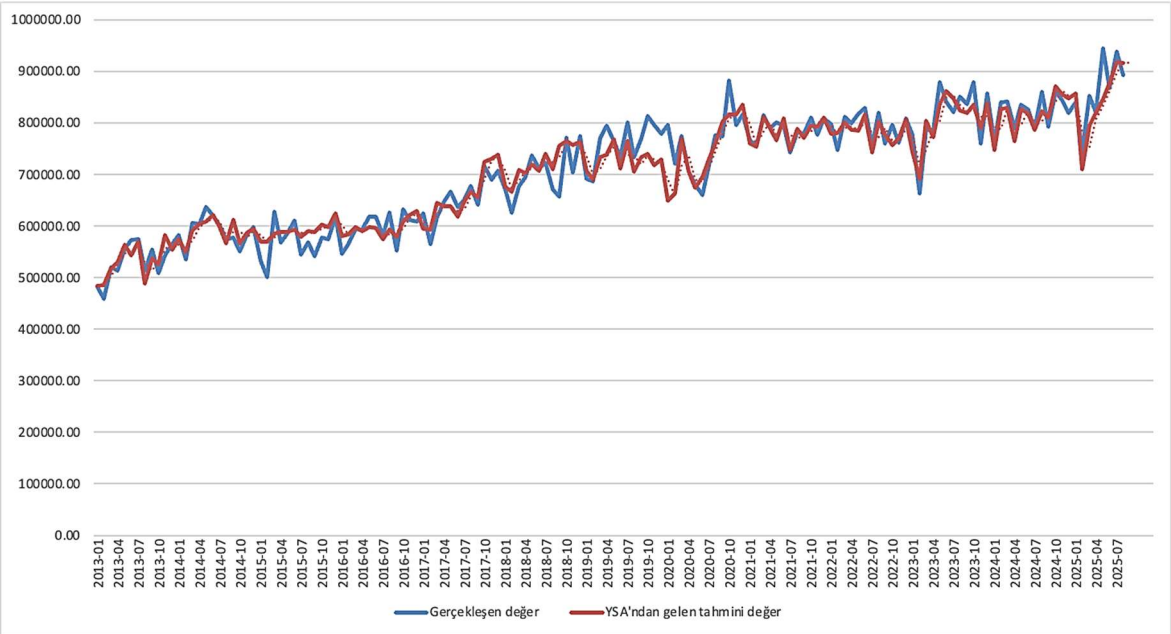
Şekil 3'de ağın en iyi ürettiği (d24) YSA Modeline ait çıktı değerlerinin grafiği gösterilmektedir. Gerçekleşen değerler ile tahmin değerlerin birbirine yakın olduğu grafikte izlenmektedir.

YSA yöntemi ile 2013:01 – 2025:08 dönemine ilişkin konteyner talebini tahmin eden en iyi mimari belirlendikten sonra 2025:09 döneminden itibaren 7 aylık (out of sample) talep tahmin edilmeye çalışılmıştır. MATLAB programına tahmin etmek istediğimiz döneme ilişkin veri girişleri yapılarak, gelecek dönem ile ilgili tahminler üretmesi istenmiştir. Bu dönem henüz gerçekleşmediği için, ilgili kısımda performans ölçütü hesaplanmamış, yalnızca model tahminleri sunulmuştur.

Tablo 8'de Türkiye'de limanlarda elleçlenen uluslarası konteyner talebine ilişkin gerçekleşen değerler ile YSA ile üretilmiş tahmini değerler yer almaktadır. Çalışma kapsamında yer alan 2025-08 verilerinden sonra 7 aylık tahmini değerler üretilmiştir. Modelin ürettiği değerlerin gerçekleşen değerlere yakınlığı göz önünde bulundurulduğunda, gelecek tahmini değerlerinin de tutarlı olacağını ifade etmek yanlış olmaz.



Şekil 2: d24 (7 Girdi, 1 Çıktılı, 3 Katmanlı, 10 Nöronlu Ağ) Denemesi Sonucu MATLAB Programı Ekran Görüntüsü



Şekil 3: YSA Yöntemi ile Limanlarımızda Elleçlenen Konteyner Talebinin Gerçekleşen ve Tahmini Değerleri

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 112-123 ■ Aralık 2025

Tablo 8: Uluslararası Konteyner Talebine Ait Gerçekleşen Değerler ve Tahmini Değerler

Tarih	Gerçekleşen Değer	YSA ile Tahmin Edilen Değeri
2024-01	761943.75	748369.13
2024-02	840499.00	827789.37
2024-03	841914.25	828459.53
2024-04	790410.50	765215.59
2024-05	834558.75	827635.66
2024-06	825356.00	818265.65
2024-07	788998.25	786215.65
2024-08	860896.00	822054.61
2024-09	793226.00	810798.15
2024-10	860986.00	870799.73
2024-11	844641.50	856179.48
2024-12	819737.50	847246.15
2025-01	840730.75	857219.39
2025-02	744368.00	710732.65
2025-03	852688.50	795225.80
2025-04	821779.25	819789.16
2025-05	944522.25	846124.65
2025-06	868506.00	876925.79
2025-07	938331.00	918321.57
2025-08	892645.00	916879.24
2025-09		934589.42
2025-10		926786.90
2025-11		970423.92
2025-12		981519.43
2026-01		1012686.65
2026-02		1087379.78
2026-03		1132468.96

5. SONUÇ

Bu çalışma, Türkiye limanlarında elleçlenen uluslararası konteyner talebini YSA yöntemi ile tahmin etmeyi amaçlamış; 2013:01–2025:08 dönemine ait makroekonomik göstergelerle desteklenen bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Modelin geliştirilme sürecinde farklı ağ mimarileri denenmiş ve en yüksek doğruluk, üç katmanlı ve her katmanda on nöron bulunan, tansig transfer fonksiyonuna sahip ileri beslemeli ağ yapısıyla elde edilmiştir. MAPE değerinin %3,34 ve MSE değerinin sıfıra yakın olması, modelin tahmin performansının oldukça güçlü olduğunu göstermektedir. Ayrıca çalışma kapsamında bulunmayan 2025 Eylül'den itibaren yedi aylık gelecek tahminlemesi yapılmıştır.

Elde edilen bulgular, YSA yönteminin konteyner talebi gibi doğrusal olmayan dinamiklere sahip karmaşık lojistik süreçlerin tahmininde etkili bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, Gökkuş vd. (2017), Tsai ve Huang (2017), Özdemir (2021) ve Kılınç vd. (2022) gibi çalışmalarda ulaşılan sonuçlarla örtüşmektedir. Örneğin, Gökkuş vd. (2017), destek vektör makineleri (SVM) ile YSA'yı karşılaştırmış ve YSA'nın yüksek performanslı sonuçlar verebildiğini vurgulamıştır. Benzer şekilde, Özdemir (2021), Box-Jenkins ve üstsel düzleştirme yöntemleriyle kıyasladığında YSA'nın en yüksek doğruluğu sunduğunu belirtmiştir. Çalışmamızda da benzer bir doğruluk düzeyine ulaşılması, yöntemin geçerliliğini güçlendirmektedir.

Ayrıca çalışmada kullanılan OECD Sanayi Üretim Endeksi ve Baltık Kuru Yük Endeksi gibi uluslararası düzeyde geçerli değişkenlerin modele entegre edilmesi, mevcut literatüre önemli bir katkı sunmaktadır. Literatürde bu tür göstergelerin sınırlı sayıda çalışmada yer aldığı görülmekte, bu bağlamda bu çalışmanın ayırt edici yönü uluslararası ekonomik dalgalanmaların konteyner talebi üzerindeki etkisini hesaba katmasıdır. Özellikle OECD endeksi, küresel üretim faaliyetlerinin göstergesi olarak konteyner talebine etkili bir açıklayıcı değişken olmuştur. Bu durum, konteyner talebinin sadece yerel ekonomik göstergelerle değil, küresel üretim ve ticaret döngüleriyle de sıkı ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir.

Çalışmanın sonuçları, politika yapıcılar ve sektör aktörleri açısından doğrudan uygulanabilir sonuçlar ortaya koymaktadır. Öncelikle konteyner talebinde beklenen artışa paralel olarak liman kapasite yatırımlarının kademeli şekilde planlanması gerekmektedir. Yapay Sinir Ağları yönteminden elde edilen tahminler hangi dönemlerde kapasite baskısının yoğunlaşabileceğini ortaya koyarak, altyapı modernizasyon projelerinin zamanlanmasında yol gösterici olacaktır. Özellikle vinç kapasitesinin artırılması, rıhtım genişletmeleri gibi yatırımların, tahmin edilen talep artışıyla uyumlu şekilde planlanması operasyonel verimliliği artıracaktır. İkinci olarak çalışmada kullanılan değişkenler

arasında yer alan petrol fiyatları, döviz kuru ve uluslararası üretim endeksleri konteyner talebinin küresel ekonomik dalgalanmalara ne denli duyarlı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle ulaştırma otoriteleri ve liman işletmecileri ekonomik şoklara karşı esnek senaryolar geliştirmelidir. Örneğin yüksek petrol fiyatları döneminde enerji verimliliği odaklı yatırımların önceliklendirilmesi, rekabet gücünü korumaya yardımcı olacaktır. Son olarak OECD Sanayi Üretim Endeksi ve Baltık Kuru Yük Endeksi gibi uluslararası göstergelerin talep tahmininde güçlü açıklayıcı değişken olması, Türkiye'nin lojistik planlamasında küresel entegrasyonu dikkate alması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, Türkiye'de uluslararası lojistik koridorlarındaki rolünün güçlendirilmesi, liman rekabetçiliğini artıracaktır.

Bu çalışma, literatüre hem yöntemsel hem de uygulamaya yönelik önemli katkılar sunmaktadır. Öncelikle, Türkiye limanlarında konteyner talebinin tahminine yönelik mevcut YSA ve zaman serisi çalışmalarından farklı olarak modele OECD Sanayi Üretim Endeksi ve Baltık Kuru Yük Endeksi gibi uluslararası üretim ve taşımacılık göstergeleri dâhil edilmiştir. Böylece konteyner talebinin yalnızca yerel ekonomik göstergelerle değil, küresel ticaret döngüleriyle birlikte değerlendirilmesine olanak sağlayan daha bütüncül bir tahmin çerçevesi oluşturulmuştur. İkinci olarak, farklı aktivasyon fonksiyonları, katman sayıları ve öğrenme algoritmalarının sistematik biçimde karşılaştırılması yoluyla en uygun YSA mimarisi nesnel olarak belirlenmiştir. Bu yönüyle çalışma, literatürde çoğunlukla tek bir ANN mimarisinin kullanıldığı araştırmalardan ayrılmaktadır. Üçüncü olarak, modelin tahmin gücü yalnızca geçmiş dönem test verisiyle değil, eğitim sürecinde hiç görülmemiş yeni makroekonomik girdiler kullanılarak yapılan out-of-sample ileri dönem tahminleriyle de değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, modelin gerçek tahmin kapasitesini uygulamalı olarak ortaya koymaktadır. Son olarak, elde edilen sonuçlar liman kapasite planlaması, yatırım kararları ve dış ticaret projeksiyonları açısından doğrudan kullanılabilir nitelikte olup, çalışmanın hem akademik literatüre hem de lojistik sektörünün stratejik karar süreçlerine katkı sağladığını göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışma hem yöntemsel açıdan hem de veri setine dâhil edilen özgün değişkenler bakımından literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır. YSA tabanlı tahmin modellerinin doğruluğu ve esnekliği, gelecekte benzer lojistik planlama çalışmaları için uygulanabilir ve geliştirilebilir bir çerçeve sunmaktadır. Gelecek araştırmalarda, modelin farklı limanlara özgü alt bölgesel tahminlerle detaylandırılması ve melez modeller (örneğin YSA + ARIMA) ile karşılaştırmalı analizlerin yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Abiodun, O. I., Jantan, A., Omolara, A. E., Dada, K. V., Mohamed, N. A., Arshad, H. (2018), State-Of-The-Art in Artificial Neural Network Applications: A Survey. Heliyon, 4(11).

[2] Akar, O., Esmer, S. (2015), "Türkiye'deki Konteyner Terminalleri İçin Yük Talep Analizi", Journal of ETA Maritime Science, 3(2), ss. 117-122.

[3] Akkan, B., Çalışır, V. (2022), "Klasik Zaman Serisi Yöntemleri İle Konteyner Elleçleme Tahmini". Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences, 7(3), ss. 341-349.

[4] Altın, F. G., Çelik Eroğlu, Ş. (2020), "Gri Tahmin ve Box-Jenkins Yöntemleri ile Antalya Limanı için Aylık Konteyner Talep Tahmini", Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 7(3), ss .540-562.

[5] Ataseven, B. (2013), "Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi", Öneri Dergisi, 10 (39), ss. 101-115.

[6] Ceylan, S. (2020), "Deniz Taşımacılığı ve Incoterms: Fob'a İlişkin Bir Değerlendirme", Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(2), ss. 13-39.

[7] Chou, C.C, Chu, C.W., Liang, G. (2008), "A Modified Regression Model for Forecasting the Volumes of Taiwan's Import Containers", Mathematical and Computer Modelling. 47(9-10), pp. 797-808,

[8] Çuhadar, Y., Güngör, P., Göksu, Y. (2009), "Turizm Talebinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini ve Zaman Serisi Yöntemleri ile Karşılaştırmalı Analizi: Antalya İline Yönelik Bir Uygulama", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(1), ss. 99-114.

[9] Darendeli, A., Alparslan, A., Erdoğan, M.S., Kabadurmuş, Ö. (2021), "Container Demand Forecasting Using Machine Learning Methods: A Real Case Study from Turkey", In: Durakbasa, N.M., Gençyılmaz, M.G. (eds) Digital Conversion on the Way to Industry 4.0. ISPR 2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham.

[10] Demuth, H., Beale, M., Hagan, M. (2008), Neural Network. Toolbox 6 User's Guide, Natick, MA: The MathWorks, Inc.

[11] Doğusel, V. (2021), "Kocaeli limanları talep tahmini", Journal of Maritime Transport and Logistics, 2(2), ss. 82-90.

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 112-123 ■ Aralık 2025

[12] Dongare, A.D., Kharde, R.R. Kachare, A.R. (2012), "Introduction to Artificial Neural Network, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 2(1), pp. 189-194.

[13] Elmas. Ç. (2003), Yapay Sinir Ağları Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

[14] Franco, G., Santurro, M. (2021), "Makine Öğrenimi, Yapay Sinir Ağları ve Sosyal Araştırma", Qual Quant 55, pp .1007–1025.

[15] Gökkuş, Ü., Yıldırım, M.S., Aydın, M. M. (2017), "Estimation of Container Traffic at Seaports by Using Several Soft Computing Methods: A Case of Turkish Seaports, Discrete Dynamics in Nature and Society, 2984853.

[16] Gupta, N. (2013), "Artificial Neural Network", Network and Complex Systems, 3(1), pp. 24-28.

[17] Güzey, H., Akansel, M. (2019), "Comparison of Svm And Traditional Methods for Demand Forecasting in a Seaport: a Case Study", International Journal of Scientific and Technological Research, 5(3), pp. 168-176.

[18] Haykin, S. (2005), "Neural Networks a Comprehensive Foundation", N.J.: Prentice Hall.

[19] Jang, S., Mizutani, E. (1997), "Neuro-Fuzzy and Soft Computing A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence", Prentice Hall, Inc.

[20] Karahan, M. (2011), "İstatistiksel Tahmin Yöntemleri Yapay Sinir Ağları Metodu İle Ürün Talep Tahmini Uygulaması", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Konya.

[21] Kayıran, B., Saatçioğlu, Ö. (2022), "Container Cargo Demand Forecast for Gemlik Bay Ports", Journal of Maritime Transport and Logistics, 3(2), pp. 50-60.

[22] Kılınç, G., Karaatlı, M., Ömürbek, N. (2022), " Türkiye Limanlarındaki Konteyner ve Yük Elleçleme Hacimlerinin YSA Narx Modeli ile Öngörülmesi", Verimlilik Dergisi (2), ss. 251-266.

[23] Lee, G. C., Bang, J. Y. (2024), "Forecasting Container Throughput of Singapore Port Considering Various Exogenous Variables Based on SARIMAX Models", Forecasting, 6(3), pp. 748-760.

[24] OECD Resmi İnternet Sitesi. https://www.oecd.org/en/data/indicators/industrial-production.html 07.02.2025

[25] Özdemir, Ü. (2021), Model "Proposal for Future Estimates İn Maritime Industry: The Case of Container Handling İn Turkish Ports", Journal of ETA Maritime Science, 9(1), pp. 3-21.

[26] Öztemel, E. (2006), "Yapay Sinir Ağları", Papatya Yayıncılık, İstanbul.

[27] Sarker, I. H. (2021), "Deep Learning: A Comprehensive Overview on Techniques, Taxonomy, Applications and Research Directions", SN Computer Science, 2(6), pp. 420.

[28] Tsai, F.M., Huang, J.W (2017), "Using Artificial Neural Networks to Predict Container Flows Between the Major Ports of Asia", International Journal of Production Research, 55(17), pp. 5001-5010,

[29] UTİKAD (2023), "Lojistik Sektörü Raporu". Utikad.org.tr/UTIKAD-Raporlari 29.01.2025

[30] Yavuz, S., Deveci, M. (2012), "İstatiksel Normalizasyon Tekniklerinin Yapay Sinir Ağın Performansına Etkisi", Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 40, ss. 167-187.

[31] Yurtoğlu, H. (2005), "Yapay Sinir Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği", Uzmanlık Tezi, Devlet Planlama Teşkilatı.

[32] Zheng, H., Wu, J., Song, R., Guo, L. (2024), "Predicting Financial Enterprise Stocks and Economic Data Trends Using Machine Learning Time Series Analysis".

Dr. Öğr. Üyesi Elif Meryem YURDAKUL ŞİPAL

Elif Meryem YURDAKUL ŞİPAL, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Maliye Bölümünden mezun olmuştur. Yüksek Lisans ve Doktora eğitimini Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalında tamamlamıştır. Halen aynı Üniversitede Yenipazar Meslek Yüksekokulu'nda Dr. Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Yenipazar Meslek Yüksek Yüksekokulu'nda Makro ve Mikro Ekonomi, Dış Ticaret İşlemleri, Söke İşletme Fakültesi Ekonomi Bölümünde ise Ekonomi Tarihi ve Makro Ekonomi derslerini yürütmektedir. Uluslararası Ticaret, Lojistik Sektörü, Deniz Taşımacılığı ve Makroekonomi alanından çalışmaları bulunmaktadır.

Lojistik Dergisi ■Yıl 22 ■Sayı 62 ■Sayfa 124-136 ■ Aralık 2025

ARAŞTIRMA MAKALESİ

AFET LOJİSTİĞİNDE DRON KULLANIMI VE DEMATEL İLE TEKNOLOJİK KISITLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gonca Reyhan AKKARTAL

İstanbul Medipol Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi, Lojistik Yönetimi Bölümü, İstanbul, gonca.akkartal@medipol.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5116-8434

ÖZET

Afet lojistiğinde zaman baskısı, erişim kısıtları ve altyapı hasarı, arama-kurtarma, keşif-gözetleme ve kritik malzeme dağıtımı gibi süreçlerde hızlı ve esnek çözümleri zorunlu kılar. Bu bağlamda dronlar, gerçek zamanlı veri üretme ve zor erişilen bölgelere hızlı destek sağlama potansiyeliyle afet operasyonlarında giderek daha kritik bir rol üstlenmektedir. Ancak sahadaki uygulamalar, dron teknolojisinin teknik ve çevresel sınırlılıklarının operasyonel performansı belirgin biçimde etkilediğini göstermektedir. Bu çalışma, afet lojistiğinde dron kullanımını kısıtlayan temel engelleri belirlemeyi ve bu engeller arasındaki nedensel ilişkileri ortaya koymayı amaçlamaktadır. Araştırmada 250 uzman ve akademisyenden elde edilen değerlendirmeler kullanılmış, veriler DEMATEL yöntemiyle analiz edilmiştir. Bulgular, tasarım ve ağırlık, batarya kapasitesi ve ömrü ile hava koşullarına bağlı kısıtların en kritik engeller arasında yer aldığını göstermektedir. Ayrıca bu faktörlerin yalnızca bağımsız sorunlar olmadığı; diğer kısıtları tetikleyen güçlü neden–sonuç etkileri üreterek sistemin genel etkinliğini etkilediği belirlenmiştir. Literatürde dron uygulamalarını ele alan çalışmalar bulunmakla birlikte, bu araştırma afet lojistiği bağlamında dron kullanımını sınırlayan kısıtları bir arada ele alıp, bu kısıtların nedensel yapısını DEMATEL ile modelleyen sınırlı sayıdaki çalışmadan biri olarak karar vericilere müdahale önceliklerini (kaldıraç etkisi yüksek alanları) gösteren analitik bir çıktı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Afet Lojistiği, Dron Teknolojisi, DEMATEL, Nedensel Analiz, Teknolojik Kısıtlar.

DRONE USE IN DISASTER LOGISTICS AND EVALUATION OF TECHNOLOGICAL CONSTRAINTS USING DEMATEL

ABSTRACT

Disaster logistics is characterized by time pressure, access constraints, and damaged infrastructure, which necessitate fast and flexible solutions for processes such as search and rescue, reconnaissance and surveillance, and the distribution of critical supplies. In this context, drones are playing an increasingly critical role in disaster operations due to their potential to generate real-time field data and provide rapid support to hard-to-reach areas. However, field experience indicates that the technical and environmental limitations of drone technology can significantly affect operational performance. This study aims to identify the key barriers that constrain drone use in disaster logistics and to reveal the causal relationships among these barriers. The study draws on assessments obtained from 250 experts and academics, and the data are analyzed using the DEMATEL method. The findings show that design and weight, battery capacity and lifetime, and weather-related constraints are among the most critical barriers. Moreover, these factors are not merely independent issues; they generate strong cause–effect influences that trigger other constraints and ultimately affect the overall effectiveness of the system. Although the literature includes studies addressing drone applications, this research is among the limited number of studies that jointly consider the constraints on drone use in the context of disaster logistics and model their causal structure using DEMATEL, thereby providing decision makers with an analytical output that highlights intervention priorities (i.e., high-leverage areas).

Keywords: Causal Analysis, DEMATEL, Disaster Logistics, Drone Technology, Technological Constraints.

Yayın Künyesi: G. R. AKKARTAL, "Afet Lojistiğinde Dron Kullanımı ve DEMATEL ile Teknolojik Kısıtların Değerlendirilmesi", Lojistik Dergisi, Yıl 22, Sayı 62, Sayfa 124-136, Aralık 2025.

Makale Geçmişi: Geliş: 11.08.2025 / Kabul: 22.11.2025
Article History: Received: 11.08.2025 / Accepted: 22.11.2025

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 124-136 ■ Aralık 2025

1. GİRİŞ

Lojistik yönetimi için malların bir depodan nihai hedef alana kamyon, tır ve kamyonetlerle taşındığı basit dokunuşlar sağlayan kara dağıtım hizmetleri yaygın olsa da doğal afetlerden, yakıt maliyetlerinden, güzergâhlardaki trafik belirsizliklerinden etkilenebilmekte ve çevresel etkilere sahip olabilmektedir. Bu nedenle, farkındalık kazanmış karaya bağlı taşıyıcılar için olası bir hareket tarzı, dağıtım kanallarında dron kullanımını benimsemektir. Bu bağlamda dronlar; işlevsellikleri, hareket kabiliyetleri ve afet bölgelerine kolay ulaşımı sayesinde insani yardım lojistiğinde giderek önem kazanmaktadır. Endüstrilerde dron kullanımı, askeri hedefler, devriye gezme, yol belirleme ve kriz modu durumlarında bozulabilir malların taşınmasına kadar çeşitlilik gösterebilmektedir (Zubin vd., 2020). Modern tedarik zincirleri; afetler, iklim değişikliği ve krizler nedeniyle giderek karmaşıklaşmaktadır. Bu tür olaylar, geleneksel tedarik zincirlerinin operasyonlarını kesintiye uğratmakta ve kritik malzemelerin ihtiyaç sahiplerine ulaştırılmasında ciddi aksaklıklara neden olmaktadır. Dronlar, hasar tespiti, ilk yardım malzemelerinin taşınması ve iletişimin yeniden kurulması gibi görevlerde kullanılarak afet müdahale operasyonlarının hızını ve etkinliğini artırmaktadır. Ancak, afet bölgelerinde dronlar tarafından yürütülen süreçlerin hızlı ve verimli bir şekilde yürütülmesini engelleyen teknolojik kısıtlamalar bulunmaktadır. Bu kısıtlamalar, batarya ömrü, hava koşullarıyla başa çıkma yeteneği ve taşıma kapasitesi gibi unsurları içermektedir. Afet lojistiğinde dron kullanımını etkileyen teknolojik sınırlamaların sistematik biçimde değerlendirilmesi gereklidir. Bu çalışmanın amacı, afet lojistiğinde dron teknolojisinin kullanımını engelleyen teknik ve çevresel sınırlamaları sistematik biçimde analiz etmektir.

Her dönem ortaya çıkan afetler, binlerce insanın hayatını kaybetmesine ve etkilenmesine neden olmakta; doğal veya insan kaynaklı faktörlerle meydana gelebilmektedir. Bu açıdan bakıldığında afetler, afet oranına bağlı olarak yavaş ya da ani başlangıçlı olmak üzere doğal ve insan kaynaklı felaketler olarak sınıflandırılmaktadır (Van Wassenhove, 2006). Son dönemde yaşanan şiddetli depremler, Türkiye'nin deprem kuşağında olduğunun önemli bir göstergesidir. Özellikle afetlerin ardından tıbbi malzeme, hijyen malzemeleri ve bebek maması gibi acil ürünler, coğrafi ve iklimsel engeller nedeniyle zamanında ulaştırılamamaktadır. Dronlar, günümüzde birçok lojistik operasyonda kullanılırken, özellikle doğru ürünün doğru zamanda doğru yere ulaştırılması gereken afet lojistik süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır (Yücesoy vd., 2025). Kritik afet sonrası dönemde olası altyapı hasarları nedeniyle, afet sonrası durumun değerlendirilmesinde dronların kullanımı son yıllarda önem kazanmıştır (Bendea vd., 2015). Esneklik, güvenlik ve kullanım verimliliğinin yanı sıra nispeten düşük işletme ve elde tutma maliyetleri, dronların afet koşullarında kullanımını desteklemektedir (Xu vd., 2014). Kaynak kıtlığı, zaman baskısı ve acil bilgi ihtiyacı, afet bölgelerinde dron kullanımını gerekli kılmaktadır (Camara, 2014).

Potansiyel olarak tehlikeli bir ortamda arama ve kurtarma (SAR), risk azaltma ve istenmeyen can kayıplarını ortadan kaldırma açısından hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle, arama kurtarma faaliyetleriyle birlikte gelen riskler dengelenmelidir. Aynı zamanda, dronlar, ulaşılması zor alanları fiziksel olarak inceleyebildikleri ve ağ kurabildikleri için SAR eylemlerine yüksek düzeyde güvenlik ve başarı olasılığı ile yardımcı olma yeteneğine sahiptir (Burke vd., 2019). Literatürde oluşturulan en genel kategorizasyona göre afet operasyonları yönetimi için zarar azaltma, hazırlık, tepki ve iyileştirme olmak üzere dört aşama tanımlanmaktadır. Zarar azaltma ve hazırlık afet öncesinde yürütülen süreçler arasında yer alırken, müdahale ve iyileştirme afet sonrasında uygulanan faaliyetler arasında yer almaktadır. Nihayetinde, bir ulusun afetten etkilenen kısmının normal koşullara dönmesi için uzun vadeli faaliyetler planlanmakta ve organize edilmektedir (Altay ve Green, 2006). Afetlerin olası beklenmedik etkilerini azaltmaya yönelik önlemleri tanıtma ve geliştirme faaliyetlerini kapsayan afet riski ve operasyonları yönetimi alanına daha fazla odaklanılmaktadır (Galindo ve Batta, 2013).

Modern tedarik zinciri sistemlerinin sadece küresel iş ortamında değil insani boyutta da farklılaşan yönlerinden biri, sevkiyat sürecinin tamamının belirsizlik ve istikrarsızlıkla çerçevelenmiş olmasıdır. Bu nedenle, talep faktörleri artık tahmin edilebilir olmadığından ve arz tarafı kabaca her sektörde daha fazla değişkenlik gösterdiğinden, geleneksel kural tabanlı yaklaşımlar ticari tedarik ağı yönetiminde artık yüksek derecede güvenilir değildir. Bu nedenlerle, kuruluşları geleneksel tahmin temelli yöntemlerden olay ya da talep odaklı yaklaşımlara uyarlamak için yeni çevik iş modelleri geliştirilmektedir (Christopher

ve Tatham, 2011). Bununla birlikte, uzman görüşlerine dayalı öznel yapısı ve sonuçların katılımcı profiline göre değişkenlik gösterebilmesi, yöntemin sınırlılıkları arasında yer almaktadır. Bu çalışma, dron kullanımına ilişkin teknolojik sınırlamaları DEMATEL (The Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemiyle analiz etmeyi amaçlamaktadır DEMATEL yöntemi ilk kez Gabus ve Fontela (1972) tarafından Battelle Geneva Araştırma Merkezi'nde geliştirilmiş ve daha sonraki yıllarda farklı alanlarda uygulanarak geliştirilmiştir. Gabus ve Fontela (1972), çalışmada küresel ve karmaşık sosyal ve ekonomik problemlerin birbirleri ile olan nedensel ilişkileri sistematik bir şekilde analiz etmek için DEMATEL yöntemini geliştirmiştir. Uzmanların görüşleri ile yola çıkarak faktörler arası dolaylı ve doğrudan etkileri matrisler ile hesaplanmış ve bu ilişkileri bir etki – ilişki haritası şeklinde görselleştirmiştir. Hangilerinin "neden" ve hangilerinin "sonuç" olduğunu ortaya koymakta ve karar vericilere önceliklendirme fırsatı tanımaktadır. Yöntem, çok sayıda kriter arasındaki doğrudan ve dolaylı etkileşimleri ortaya çıkararak hangi faktörlerin "neden" ve hangilerinin "sonuç" grubunda yer aldığını göstermesi nedeniyle afet lojistiği çalışmalarında önemli bir karar destek aracı olarak kullanılmaktadır. DEMATEL, örneğin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) gibi hiyerarşik yapı gerektiren yöntemlere kıyasla, faktörler arası karşılıklı bağımlılıkları dikkate alması bakımından daha dinamik bir analiz imkânı tanımaktadır. Bununla birlikte, uzman görüşlerine dayalı öznel yapısı ve sonuçların katılımcı profiline göre değişkenlik gösterebilmesi, yöntemin sınırlılıkları arasında yer almaktadır.

Çalışma, afet bölgelerine malzeme ulaştırmada dronların neden önemli olduğunu ve teknik sınırlamalarını incelemektedir. Doğal afet nedeniyle engellenen bölgelere malzeme sağlamak için dron kullanımının bu hedefler doğrultusunda, DEMATEL modelini tasarlamadan önce kümelenmiş endüstri uzmanlarından veri toplamak için bir anket gerçekleştirilmiştir. Çalışma, literatür ve uzman görüşleriyle belirlenen 13 kriterli yapı üzerinden yürütülmüştür. Çalışma sorusu "Afet lojistiğinde dron teknolojilerinin kullanımında hangi teknik ve çevresel sınırlamalar kritik rol oynamaktadır ve bu sınırlamalar arasındaki nedensel ilişkiler DEMATEL yöntemi ile nasıl analiz edilebilir?" şeklinde düzenlenmiştir. Çalışma, Türkiye bağlamında afet lojistiği uygulamalarına özgü bulgular sunmaktadır. Bulguların güvenilirliğini test etmek için duyarlılık analizi yapılmıştır.

Çalışmanın katkısı, literatürde genellikle dronların faydaları üzerine odaklanılırken, bu çalışma teknolojik sınırlamaları detaylı biçimde analiz ederek eksik kalan bir alanı doldurur. Bununla birlikte DEMATEL gibi karar destek yöntemlerinin dron teknolojisine uyarlanması, metodolojik açıdan yenilikçi bir katkıdır. Bu sayede karmaşık etkileşimler görselleştirilmiş ve önceliklendirme yapılabilmiştir. Çalışma, dron tasarımı, batarya kapasitesi, manevra kabiliyeti gibi faktörlerin birbirleriyle olan etkileşimleri analiz edilerek, hangi unsurların sistem üzerinde daha belirleyici olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte çalışma, sadece akademik değil, aynı zamanda uygulayıcılar için de yol gösterici niteliktedir. Regülasyonların güncellenmesi, batarya teknolojilerinin geliştirilmesi gibi önerilerle sektöre yön vermektedir. Bu çalışma aynı zamanda genellikle operasyonel süreçlere odaklanan afet lojistiği literatürüne, teknoloji merkezli bir bakış açısı kazandırır. Bu da disiplinler arası çalışmalara zemin hazırlamaktadır. Afet lojistiğinde teknolojik kısıtları odak alan DEMATEL analizinin Türkiye bağlamında sistematik biçimde uygulanmasıyla, literatürde dağınık biçimde ele alınan faktörler 13 kriter altında bütüncül bir çerçeveye oturtulmuş ve karşılıklı etkileşimleri metodolojik olarak incelenmiştir.

Bu makale planında; 1. bölüm giriş niteliğinde olup afet lojistiğinde dron kullanımının önemi, çalışma amacı ve literatür çerçevesi özetlenmektedir. 2. bölüm literatür taraması ve kavramsal çerçeveye ayrılmıştır; burada afet lojistiği, dron teknolojileri ve DEMATEL yöntemiyle ilgili önceki çalışmalar incelenmektedir. 3. bölümde metodoloji başlığıyla araştırma yöntemi, kriterlerin belirlenmesi, veri toplama süreci ve DEMATEL analiz adımları detaylandırılmaktadır. 4. bölüm bulguların sunulduğu kısımdır ve elde edilen analiz sonuçları aktarılmaktadır. Son bölüm çalışmanın özetini ve değerlendirmesini yapmaktadır.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Bu çalışmada teorik literatür taraması, "drone delivery", "disaster logistics", "UAV" ve "humanitarian logistics" anahtar kelimeleri kullanılarak Web of Science, Scopus ve Google Scholar veri tabanlarında 2010–2024 yılları arasında gerçekleştirilmiş; dahil etme kriteri olarak afet lojistiğinde dron kullanımını doğrudan ele alan çalışmalar seçilmiştir.

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 124-136 ■ Aralık 2025

Bu kapsamda incelenen yayınlar, dron teknolojisine ilişkin çalışmaların son yıllarda hızla geliştiğini göstermektedir (Chowdhury vd., 2017; Erdelj vd., 2017; Von Vacano vd., 2021).

Literatürde dronların lojistikte kullanımına ilişkin çalışmalar genel olarak (i) dronların lojistik süreçlere entegrasyonu ve bu entegrasyonu teşvik eden faktörler, (ii) son mil teslimatları, envanter denetimi ve depo operasyonları gibi uygulama alanları, (iii) tedarik zinciri izleme/gözetim, otonom navigasyon, gerçek zamanlı takip ve yapay zekâ entegrasyonu, (iv) faydalı yük kapasitesi ve teslimat kabiliyetlerindeki teknolojik gelişmeler başlıklarında toplanmaktadır. Bu çerçeve, afet lojistiği bağlamında dronların hangi operasyonel ihtiyaçları karşıladığı ve hangi teknik sınırlamalarla karşılaştığı sorularını temellendirmektedir.

Özellikle Raj ve Sah (2019), dron teslimatının benimsenmesini etkileyen unsurları açıklamayı amaçlayan kapsamlı bir literatür taraması ve uzman girdisiyle on iki kritik başarı faktörünü belirlemiş; bu faktörler arasındaki ilişkileri vurgulayarak lojistikte dronların uygulanmasına yönelik rehberlik sağlamıştır. Afet lojistiği özelinde ise gelişen sensör teknolojileri, yüksek çözünürlüklü görüntüleme sistemleri ve gerçek zamanlı veri aktarım kabiliyetleri sayesinde dronların afet bölgelerinin hızlı ve güvenli biçimde taranmasında, hasar tespitinde ve ihtiyaçların önceliklendirilmesinde kritik rol oynadığı belirtilmektedir (Fırat ve Dabak, 2023). Bu bulgular, dronların yalnızca "teslimat" aracı olarak değil, aynı zamanda afet sahasında durumsal farkındalık sağlayan bir karar destek bileşeni olarak da konumlandığını göstermektedir.

Diğer taraftan literatür, dronların operasyonel etkinliğini artırmaya dönük analitik ve optimizasyon temelli yaklaşımların da geliştiğini ortaya koymaktadır. Matsutani vd. (2022), en etkili teslimat yollarını tanımlamak amacıyla dron yörünge verilerinin optimizasyonundan yararlanarak lojistik sistem verimliliğinin artırılabileceğini göstermiştir. Jung vd. (2022), uzak ve zorlu arazilere paket teslimatında dron kullanımının potansiyel avantajlarını vurgulamış; maliyet etkinliği ve değişken çevresel koşullar altında performans iyileşmesi gibi unsurları öne çıkarmıştır. Dükkancı vd. (2023) ise deprem sonrası yardım dağıtımında dron kullanımını ele alarak, zamana bağlı teslimat gereklilikleri ile dron menzili ve kapasite sınırlamaları dikkate alınırken karşılanamayan toplam talebin en aza indirilmesini hedeflemiştir.

Bu çalışmaların ortak bulguları, dronların özellikle son kilometre teslimatı, afet sonrası durum değerlendirmesi ve tedarik zinciri izleme gibi alanlarda lojistik operasyonlarda önemli bir dönüşüm potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte literatürde, dronların yaygın olarak benimsenmesinin önünde mevzuata uygunluk, teknik sınırlamalar ve maliyet hususları gibi zorluklar bulunduğu; bu zorlukların azaltılması için stratejilere ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır. Dolayısıyla dronların lojistiğe etkin entegrasyonu, teknolojik ilerleme ile mevzuat ve finansal uygulanabilirliğin birlikte yönetilmesini gerektirmektedir.

Afet bağlamında dağıtım faaliyetlerinin başarısı, afet bölgesinin ve bölge halkının ihtiyaçlarının doğru belirlenmesi ve doğru planlamaya dayanır (Fırat ve Dabak, 2023). Literatürde yapılan çalışmalar, dronların kara yolu ile erişimin kısıtlı olduğu veya tamamen engellendiği durumlarda alternatif bir lojistik çözüm sunduğunu göstermektedir. Özellikle arama-kurtarma operasyonlarında dronların hem operasyon süresini kısalttığı hem de insan güvenliğini artırdığı vurgulanmaktadır (Yücesoy vd., 2025). Buna paralel olarak, dronların afet lojistiğinde acil müdahale, yardım ulaştırma, hasar tespiti ve iletişim/durumsal farkındalık destekleme gibi görevlerde yaygın biçimde kullanıldığı ifade edilmektedir.

Literatürde dronların lojistik ve afet yönetimindeki kullanım alanları, potansiyel faydaları ve belirli operasyonel senaryolara yönelik optimizasyon yaklaşımları kapsamlı biçimde incelenmiş olsa da, afet lojistiğinde dron kullanımını sınırlayan teknik ve çevresel kısıtların bütüncül bir çerçevede ele alındığı ve bu kısıtlar arasındaki nedensel etkileşimlerin analitik olarak ortaya konduğu çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma, literatür ve uzman görüşleriyle belirlenen kısıtları tek bir yapı altında sistematize ederek, DEMATEL yöntemiyle kısıtların neden–sonuç ilişkilerini görünür kılmakta ve böylece karar vericilere kaldıraç etkisi yüksek müdahale alanlarını önceliklendirmeye yönelik bir karar destek çıktısı sunarak literatürdeki bu boşluğu hedeflemektedir.

Bu çalışma, teknolojik ve çevresel sınırlamaların birbirleri üzerindeki etkileşimlerini ortaya koymak

amacıyla DEMATEL yaklaşımına dayandırılmış (Gabus ve Fontela, 1972) ve Wu ve Lee (2007) ile Si vd. (2018) gibi çalışmalardan uyarlanmıştır. DEMATEL, daha önce farklı lojistik ve mühendislik alanlarında sistem bileşenleri arasındaki nedensel ilişkileri incelemek için başarıyla uygulanmıştır. Örneğin tedarik zincirindeki risk faktörlerinin analizi (Li ve Tzeng., 2009) ve acil durum yönetiminde kritik unsurların belirlenmesi (Yang vd., 2020) gibi çalışmalarda tercih edilmiştir. Bu çerçevede DEMATEL, afet lojistiğinde dron teknolojisinin kullanımını kısıtlayan faktörlerin yalnızca önem sıralamasını vermekle kalmayıp, hangi faktörlerin "neden" ve hangilerinin "sonuç" grubunda yer aldığını ortaya koyarak karar vericilere önceliklendirme imkânı sunması bakımından uygun ve güçlü bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

3. METODOLOJİ

3.1. Çalışmanın Amacı ve Araştırma Sorusu

Bu çalışmanın amacı, afet lojistiğinde dron teknolojilerinin kullanımını sınırlayan teknolojik ve çevresel kısıtları sistematik biçimde analiz etmek ve bu kısıtlar arasındaki nedensel ilişkileri ortaya koymaktır. Bu doğrultuda çalışmanın temel araştırma sorusu şu şekilde belirlenmiştir:

"Afet lojistiğinde dron teknolojilerinin kullanımında hangi teknik ve çevresel sınırlamalar kritik rol oynamaktadır ve bu sınırlamalar arasındaki nedensel ilişkiler DEMATEL yöntemi ile nasıl analiz edilebilir?"

3.2. Araştırma Tasarımı

Çalışma, uzman görüşlerine dayalı nicel bir araştırma tasarımına sahiptir. Literatür taraması sonucunda belirlenen teknolojik ve çevresel kısıtlar, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan DEMATEL tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Bu çalışmada benimsenen araştırma deseni tanımlayıcı nitelikte olup kesitsel bir yaklaşıma dayanmaktadır. Afet lojistiği kapsamında dron kullanımını şekillendiren teknolojik ve çevresel unsurların birbirleriyle kurduğu çok boyutlu ve girift etkileşim yapısını ortaya çıkarmak için DEMATEL yöntemi tercih edilmiştir. DEMATEL, faktörler arasındaki ilişki örüntüsünü görsel olarak temsil edebilmesi ve hangi faktörlerin daha çok etkileyen, hangilerinin daha çok etkilenen konumda olduğunu ayrıştırabilmesi sayesinde, çok kriterli karar verme literatüründeki pek çok yaklaşımdan ayrışan işlevsel bir analitik çerçeve sunmaktadır (Tzeng ve Huang, 2012).

3.3. Kriterlerin Belirlenmesi

Detaylı literatür taraması ve uzman görüşleri sonucunda afet lojistiğinde dron kullanımını etkileyen 13 teknolojik ve çevresel kriter belirlenmiştir. Bu kriterler aşağıda sistematik biçimde tanımlanmıştır:

Dron Tasarımı ve Ağırlığı: Dronun platform tipi, aerodinamik yerleşimi ve toplam kalkış ağırlığının; uçuş verimi, görev icrası ve taşınabilirlik üzerindeki etkisini ifade eder (Hassanalian ve Abdelkefi, 2017). Uçuş performansını doğrudan etkileyen kritik bir faktördür (Altay ve Green, 2006; Burke vd., 2019).

Gövde Malzemesi ve Yapısal Dayanım: Gövde/kol/iniş takımı gibi bileşenlerde kullanılan malzeme (kompozit, alüminyum vb.) ve yapısal tasarımın; yük, darbe ve titreşim altında dayanım–hasar toleransı sağlayarak güvenli uçuşu sürdürebilme düzeyini ifade eder (Park et al., 2011; Hassanalian ve Abdelkefi, 2017).

Güç / Ağırlık Oranı: Motor(lar)ın ürettiği itki/gücün toplam ağırlığa oranı olup; kalkış–tırmanış, yük altında uçuş ve dinamik kontrol marjını belirleyen temel performans göstergesidir (Mahony vd., 2012).

Uçuş (Havada Kalış) Süresi / Dayanıklılık: Belirli bir görev profili (yük, hız, rüzgâr, rota/hover oranı) altında dronun kesintisiz havada kalabildiği süreyi ifade eder (Hassanalian ve Abdelkefi, 2017).

Motor Verimliliği ve İtki Sistemi: Motor–ESC–pervane/rotor kombinasyonunun birim itki başına enerji tüketimi ve itki üretim etkinliğini ifade eder; verim arttıkça dayanıklılık ve görev güvenilirliği artar. Enerji tüketimi ve manevra kabiliyeti üzerinde belirleyicidir (Mahony vd., 2012; Hassanalian ve Abdelkefi, 2017).

Yük Taşıma Kapasitesi: Dronun güvenli uçuş sınırlarını bozmadan taşıyabildiği maksimum faydalı yük ve yükün uçuşa etkisi (enerji tüketimi, stabilite, menzil) olarak tanımlanır (Rejeb vd., 2021). Afet alanına ulaştırılabilecek malzeme miktarını doğrudan etkilemektedir (Benarbia ve Kyamakya, 2021).

Batarya Kapasitesi, Teknolojisi ve Ömrü: Bataryanın enerji kapasitesi, kimyası, deşarj karakteristiği ve çevrim ömrünün; operasyon süresi ve süreklilik üzerindeki belirleyiciliğini ifade eder (Torabbeigi vd., 2020). Operasyonel sürekliliği ve uçuş süresini sınırlayan en önemli unsurlardan biridir (Burke vd., 2019).

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 124-136 ■ Aralık 2025

Uçuş Yüksekliği ve Menzil: Platformun operasyonel irtifa tavanı ve menzilinin (enerji/itki sınırları ve operasyonel koşullar dahil) erişilebilirlik ve görev kapsamını belirleyen kapasite boyutunu ifade eder (Colomina ve Molina, 2014).

Görev Yükü ve Modüler Ek Donanım: Kamera/termal, haberleşme rölesi, aydınlatma, taşıma–bırakma mekanizması vb. görev yüklerinin tak-çıkar modülerliği, entegrasyon kolaylığı ve görev çeşitliliğine katkısı olarak tanımlanır (Gu vd., 2018; Kotarski vd., 2021).

Manevra Kabiliyeti: Dronun hızlanma–yavaşlama, yönelim kontrolü, dar alanda stabil hover ve engelli ortamda hassas konum koruma gibi dinamik çeviklik düzeyini ifade eder (Mahony vd., 2012).

Hava Koşullarına Dayanıklılık: Rüzgar, yağış ve sıcaklık gibi meteorolojik etmenlere karşı dronun uçabilirlik ve güvenli operasyon eşikleri içinde kalabilme kapasitesidir (Altay ve Green, 2006; Gao vd., 2021). (Altay ve Green, 2006).

Mevzuat ve Güvenlik: Operasyonların ulusal/uluslararası düzenlemelere uygunluğu ile; risk değerlendirmesi, emniyet prosedürleri ve kabul edilebilir risk düzeyine indirme yaklaşımı dahil güvenlik risk yönetimi olgunluğunu ifade eder (Clothier ve Walker, 2015; Rejeb vd., 2021).

Navigasyon ve Konumlama Sensörleri: GNSS, barometre ve IMU gibi sensörlerin ve sensör füzyonunun; konum/irtifa doğruluğu ve sürekliliğini sağlayarak otonom/hassas uçuşu mümkün kılma düzeyini ifade eder (Hajiyev vd., 2021). Kritik bir teknolojidir (McWhirter vd., 2019).

3.4. Veri Toplama Süreci

Bu çalışmada veri toplamak amacıyla akademik ve reel sektörde afet lojistiği ile dron teknolojileri konusunda uzman kişilerden görüş alınmıştır. Katılımcıların seçiminde dron teknolojileri üzerine akademik araştırma yapmak, lojistik sektöründe dronların operasyonel kullanımına ilişkin deneyime sahip olmak, afet lojistiği ile ilgili projelerde görev almış olmak, en az 10 yıl sektör deneyimine sahip olmak, afet lojistiği ve dron teknolojileri alanında aktif görev yapmak ve karar verme süreçlerinde doğrudan sorumluluk taşımak gibi kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Veri toplama sürecinde toplam 350 kişiye davet gönderilmiş ve 250 geçerli yanıt alınmıştır. Geçerli yanıt oranı %71'dir. Sonuç olarak araştırmanın örneklemi toplam 250 katılımcıdan oluşmaktadır. Bunların 150'si dağıtım ve afet lojistiği alanında aktif görev yapan uzmanlardan, 100'ü ise afet lojistiği ve dron teknolojileri üzerine çalışan akademisyenlerden oluşmaktadır. Veri toplama süreci anket yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Anket formu, literatürden belirlenen kriterler (ör. dron tasarımı ve ağırlığı, batarya kapasitesi, güç/ağırlık oranı, malzeme yapısı) temel alınarak hazırlanmış ve uzman görüşleriyle son haline getirilmiştir. Anketler 15.06.2024 ile 15.08.2024 tarihleri arasında çevrimiçi olarak [Google Form] üzerinden uygulanmıştır. Katılımcılardan, her bir kriterin diğer kriterler üzerindeki etkisini 0–4 aralığında tanımlanan sayısal ölçek üzerinden değerlendirmeleri istenmiştir (0: Etki yok, 4: Çok yüksek etki). Güvenilirlik testleri sonucunda, ölçeğin Cronbach Alpha katsayısı 0,87, Kendall's W katsayısı ise 0,74 olarak bulunmuştur. Bu değerler, ölçeğin yüksek derecede güvenilir olduğunu ve uzmanların görüş birliği sağladığını göstermektedir.

3.5. DEMATEL Uygulaması

Veri toplama sürecinden elde edilen uzman görüşleri DEMATEL yöntemine uygun şekilde analiz edilmiştir. DEMATEL uygulama adımları aşağıda belirtilmiştir (Tsai ve Chou, 2009).

Adım 1. Doğrudan İlişki Matrisinin Oluşturulması: Bu çalışmada DEMATEL analizine temel oluşturacak veriler, uzmanlara uygulanan anketlerle toplanmıştır. Anket verilerinden elde edilen uzman görüşleri, her bir kısıtın diğeri üzerindeki doğrudan etkisini gösteren doğrudan ilişki matrisine dönüştürülmüştür. Tüm uzmanların değerlendirmelerinin aritmetik ortalaması alınarak birleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi elde edilmiştir. Veri toplama aşamasında, faktörler arasındaki etki düzeyini belirleyebilmek için 5'li sayısal likert ölçeği (0=Etki yok, 1=Düşük etki, 2=Orta düzeyde etki, 3=Yüksek etki, 4=Çok yüksek etki) kullanılmıştır.

Adım 2. Normalizasyon: Doğrudan ilişki matrisine (A) göre, denklem (1) ve (2) ile satır veya sütundaki en büyük değer (k) alınarak normalize edilmiş doğrudan ilişki matrisi (M) elde edilmiştir.

$$M = k \times A \quad (1)$$

$$k = Min\left(\frac{1}{\max\limits_{1\le i\le n}\sum_{j=1}^{n}|a_{ij}|}, \frac{1}{\max\limits_{1\le i\le n}\sum_{j=1}^{n}|a_{ij}|}\right)$$

$$i, j \in \{1,2,3,\dots,n\} \quad (2)$$

Adım 3. Toplam İlişki Matrisinin Hesaplanması: Normalleştirilmiş doğrudan ilişki matrisi kullanılarak, her bir kısıtın diğerleri üzerindeki hem doğrudan hem de dolaylı etkilerini gösteren toplam ilişki matrisi (S) hesaplanmıştır. Bu matris, tüm ilişkileri içeren en önemli çıktıdır ve denklem 3 ile belirlenmiştir. Burada I, birim matrisi (Identity matrix) temsil etmektedir.

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

$$= M\,(I - M)^{-1} \quad (3)$$

Adım 4. D ve R Vektörleri ile Neden/Sonuç Gruplarının Belirlenmesi: Toplam etki matrisi S üzerinden her kriter için iki temel büyüklük hesaplanır: D, kriterin diğerleri üzerinde oluşturduğu toplam etkiyi (satır toplamı); R ise kriterin diğerlerinden aldığı toplam etkiyi (sütun toplamı) gösterir. Dolayısıyla 4 eşitliğinin hesaplamasının ardından 5 ve 6 eşitliklerinin de hesaplanmasıyla D-R ve D+R değerlerini kullanarak, her bir kriterin diğerlerine olan etki derecesi ve diğerleriyle ilişki belirlenir.

$$S = \lfloor S_{i,j} \rfloor nxn, i, j \in \{1,2,3\dots,n\} \quad (4)$$

$$D = \sum_{j=1}^{n} S_{i,j} \quad (5)$$

$$R = \sum_{i=1}^{n} S_{i,j} \quad (6)$$

Bu vektörlerin toplamı ve farkı, kısıtların sistem içindeki rolünü belirler:

D+R (Prominence): Bir kısıtın sistem içindeki toplam önemini veya görünürlüğünü gösterir. Değer ne kadar yüksekse, o kısıt o kadar önemlidir.

D-R (Cauality): Bir kısıtın "neden" mi yoksa "sonuç" mu olduğunu belirler. Eğer D-R değeri pozitifse, o kısıt bir "neden" faktörüdür ve diğer kısıtları etkilemektedir. Eğer negatifse, o kısıt bir "sonuç" faktörüdür ve diğer kısıtlardan etkilenmektedir.

4. BULGULAR

4.1. Önem Analizi (D+R)

DEMATEL sonuçları, kriterlerin sistem içindeki toplam görünürlüğünü/önemini ifade eden D+R değerlerine göre değerlendirildiğinde; Dron Tasarımı ve Ağırlığı, Gövde Malzemesi ve Yapısal Dayanım, Güç/Ağırlık Oranı, Uçuş (Havada Kalış) Süresi/Dayanıklılık ve Motor Verimliliği ve İtki Sistemi kriterlerinin en yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1: DEMATEL Analizi Sonuçları: Kriterlerin Etki (D), Etkilenme (R), Önem (D+R) ve Nedensellik (D-R) Değerleri

Kriter	D (Etki)	R (Etkilenme)	D+R (Önem)	D-R (Nedensellik)
Dron Tasarımı ve Ağırlığı	8,8181	8,6574	17,4755	+0,1607 (Neden)
Gövde Malzemesi ve Yapısal Dayanım	8,2565	8,6527	16,9092	-0,3962 (Sonuç)
Güç / Ağırlık Oranı	8,1425	8,6837	16,8262	-0,5412 (Sonuç)
Uçuş Süresi / Dayanıklılık	8,0772	8,6668	16,7440	-0,5896 (Sonuç)
Motor Verimliliği ve İtki Sistemi	7,9322	8,7436	16,6758	-0,8114 (Sonuç)
Yük Taşıma Kapasitesi	8,3826	8,2904	16,6730	+0,0922 (Neden)
Batarya Kapasitesi, Teknolojisi ve Ömrü	8,3819	7,8304	16,2123	+0,5515 (Neden)
Uçuş Yüksekliği ve Menzili	7,4934	8,4960	15,9894	-1,0026 (Sonuç)
Görev Yükü ve Modüler Ek Donanım	7,7130	7,7580	15,4710	-0,0450 (Sonuç)
Manevra Kabiliyeti	7,2344	7,8504	15,0848	-0,6160 (Sonuç)
Hava Koşullarına Dayanıklılık	8,2976	5,5117	13,8093	+2,7859 (Neden)
Mevzuat ve Güvenlik	7,6132	5,7904	13,4036	+1,8228 (Neden)
Navigasyon ve Konumlama Sensörleri	5,6026	7,0136	12,6162	-1,4110 (Sonuç)

Lojistik Dergisi ■Yıl 22 ■Sayı 62 ■Sayfa 124-136 ■Aralık 2025

Bu bulgu, afet lojistiği bağlamında dron performansını belirleyen çekirdek bileşenlerin, ağırlık–dayanıklılık–itki–enerji tüketimi ekseninde kümelendiğine işaret etmektedir. "Nitekim dron sistemlerinde tasarım/konfigürasyon, ağırlık sınıfı, itki mimarisi ve havada kalış süresi gibi değişkenlerin, performans ve görev uygunluğu açısından temel tasarım kısıtları ve ödünleşim alanları oluşturduğu vurgulanmaktadır (Hassanalian ve Abdelkefi, 2017).

Öte yandan Navigasyon ve Konumlama Sensörleri (GPS/GNSS, Barometre vb.) kriterinin en düşük D+R değerine sahip olması (Tablo 1), bu unsurun önemsiz olduğu anlamına gelmemekle birlikte; çalışmadaki uzman değerlendirmeleri çerçevesinde, diğer kriterlerle olan toplam etkileşim yoğunluğunun görece daha sınırlı kaldığını göstermektedir. Dron operasyonlarında sensör/navigasyon bileşenlerinin kritikliği literatürde net biçimde ortaya konmakla birlikte, özellikle görev başarımını "sistem düzeyi kısıtlar" üzerinden belirleyen enerji, ağırlık ve çevresel dayanım gibi faktörlerin çoğu senaryoda daha baskın belirleyiciler hâline gelebileceği belirtilmektedir (Colomina ve Molina, 2014).

Tablo 2: Neden ve Sonuç Grupları

Neden Grubu	Etki (Sonuç) Grubu
-	Uçuş Süresi / Dayanıklılık
Yük Taşıma Kapasitesi	-
-	Manevra Kabiliyeti
-	Uçuş Yüksekliği ve Menzili
Hava Koşullarına Dayanıklılık	-
Batarya Kapasitesi, Teknolojisi ve Ömrü	-
Mevzuat ve Güvenlik	-
Dron Tasarımı ve Ağırlığı	-
-	Görev Yükü ve Modüler Ek Donanım
-	Motor Verimliliği ve İtki Sistemi
-	Güç / Ağırlık Oranı
-	Gövde Malzemesi ve Yapısal Dayanım
-	Navigasyon ve Konumlama Sensörleri

4.2. Nedensellik Analizi (D–R)

Kriterlerin net etkileyen (neden) ya da etkilenen (sonuç) konumunu gösteren D–R değerleri incelendiğinde (Tablo 1), Hava Koşullarına Dayanıklılık, Mevzuat ve Güvenlik, Batarya Kapasitesi, Teknolojisi ve Ömrü, Dron Tasarımı ve Ağırlığı ile Yük Taşıma Kapasitesi kriterlerinin neden (sebep) grubunda yer aldığı; Navigasyon ve Konumlama Sensörleri, Uçuş Yüksekliği ve Menzil, Motor Verimliliği ve İtki Sistemi, Manevra Kabiliyeti ve Uçuş Süresi/Dayanıklılık kriterlerinin ise sonuç grubunda toplandığı görülmektedir (Tablo 2).

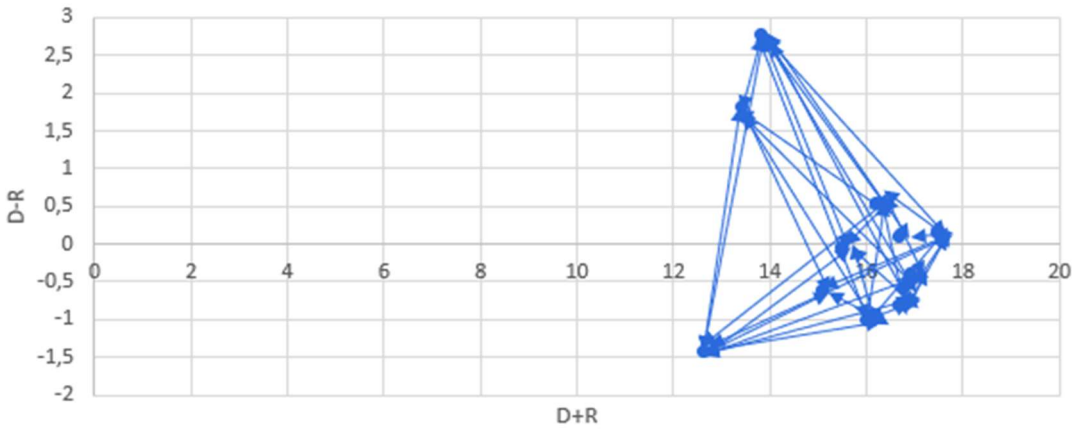
Bu ayrışma, sistemin dinamiklerini yönlendiren ana kaldıraçların iki eksende yoğunlaştığını göstermektedir:

- Çevresel uygunluk: Hava koşullarının dron "uçabilirlik" düzeyini küresel ölçekte ciddi biçimde sınırladığı, rüzgâr/yağış/sıcaklık eşiklerinin operasyon sürekliliğinde belirleyici olduğu gösterilmiştir (Gao vd., 2021).

- Düzenleyici ve güvenlik çerçevesi: İnsansız hava araçları (İHA) sistemleriyle yürütülen operasyonlarda risk yönetimi, emniyet kabul kriterleri ve yasal uyum gerekliliklerinin operasyon tasarımını ve uygulanabilirliği doğrudan şekillendirdiği vurgulanmaktadır (Clothier ve Walker, 2015).

Ayrıca, enerji–yük ilişkisini temsil eden kriterlerin "neden" tarafında konumlanması dikkat çekicidir. Yük miktarının batarya tüketim hızını artırarak rota/plan fizibilitesini bozabildiği ve operasyon planlamasında batarya tüketim fonksiyonunun açık biçimde dikkate alınması gerektiği deneysel olarak gösterilmiştir (Torabbeigi vd., 2020). Bu yönüyle, Batarya ve Yük Taşıma Kapasitesi kriterlerinin sistemde yönlendirici bir rol üstlenmesi, afet koşullarında güvenli geri dönüş ve görev sürekliliği hedefleriyle tutarlı bir sonuçtur.

Kriterler arası ilişkilerin yoğunluğu ve yönü, Etki-İlişki Haritası üzerinden bütüncül biçimde izlenebilmekte; özellikle "neden" grubundaki kriterlerin çok sayıda bağlantıyı tetiklediği görülmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Neden-Sonuç Grupları için İlişki Haritalaması

4.3. Duyarlılık Analizi

Bulguların eşik değer seçimine duyarlılığını test etmek amacıyla, orijinal analizde kullanılan α=0,6032 eşiği; %10 azaltma (α=0,543), %25 azaltma (α=0,452), %50 azaltma (α=0,302) ile %10 artırma (α=0,664), %25 artırma (α=0,754) ve %50 artırma (α=0,905) senaryolarında yeniden değerlendirilmiştir (Tablo 3). Karşılaştırmalar, D+R'ye göre önem sıralamasının tüm senaryolarda değişmediğini göstermiştir. Buna göre, her senaryoda en yüksek öneme sahip kriter "Dron Tasarımı ve Ağırlığı", en düşük öneme sahip kriter ise "Navigasyon ve Konumlama Sensörleri" olarak korunmuştur. Bu sonuç, raporlanan bulguların eşik değer varyasyonlarına karşı istikrarlı olduğunu ve metodolojik sağlamlığını desteklediğini göstermektedir.

Tablo 3: Duyarlılık Analizi Tablosu

Kriter	D+R	Sıra (Orijinal) (α)= 0,6032	Sıra (α= 0,543)	Sıra (α= 0,664)	Sıra (α= 0,452)	Sıra (α= 0,754)	Sıra (α= 0,302)	Sıra (α= 0,904)
Dron Tasarımı ve Ağırlığı	17,4755	1	1	1	1	1	1	1
Gövde Malzemesi ve Yapısal Dayanım	16,9092	2	2	2	2	2	2	2
Güç / Ağırlık Oranı	16,8263	3	3	3	3	3	3	3
Uçuş Süresi / Dayanıklılık	16,7440	4	4	4	4	4	4	4
Motor Verimliliği ve İtki Sistemi	16,6758	5	5	5	5	5	5	5
Yük Taşıma Kapasitesi	16,6730	6	6	6	6	6	6	6
Batarya Kapasitesi, Teknolojisi ve Ömrü	16,2123	7	7	7	7	7	7	7
Uçuş Yüksekliği ve Menzili	15,9894	8	8	8	8	8	8	8
Görev Yükü ve Modüler Ek Donanım	15,4709	9	9	9	9	9	9	9
Manevra Kabiliyeti	15,0848	10	10	10	10	10	10	10
Hava Koşullarına Dayanıklılık	13,8093	11	11	11	11	11	11	11
Mevzuat ve Güvenlik	13,4036	12	12	12	12	12	12	12
Navigasyon ve Konumlama Sensörleri	12,6162	13	13	13	13	13	13	13

Lojistik Dergisi ■ Yıl 22 ■ Sayı 62 ■ Sayfa 124-136 ■ Aralık 2025

4.4. Yönetimsel Çıkarımlar

DEMATEL bulguları, afet lojistiğinde dron kullanımını geliştirmeye dönük öncelik alanlarını netleştirmektedir:

- Tasarım–ağırlık optimizasyonu birincil kaldıraçtır. Bu durum, dron tasarımında ağırlık sınıfı, dayanım ve havada kalış süresi arasındaki temel takas ilişkilerinin literatürde tanımlanan tasarım zorluklarıyla örtüştüğünü göstermektedir (Hassanalian ve Abdelkefi, 2017).

- Enerji yönetimi ve batarya teknolojileri, görev sürekliliği açısından kritik "neden" faktörlerdir. Batarya ve yük kriterlerinin "neden" grubunda yer alması, iyileştirmenin en hızlı sistem etkisini bu alanda doğuracağını düşündürmektedir. Yükün batarya tüketimini doğrusal biçimde artırabildiği ve bu durumun operasyon fizibilitesini doğrudan etkilediği gösterilmiştir (Torabbeigi vd., 2020).

- Hava koşullarına dayanım kapasitesi, afet senaryolarında kullanılabilirliği belirleyen dışsal bir kısıttır. Hava koşullarının uçabilirliği anlamlı ölçüde sınırladığı bulgusu, "hava koşullarına dayanıklılık" kriterinin neden grubunda çıkmasını açıklamaktadır. Küresel ölçekte hava koşullarının dron uçabilirliğini ciddi biçimde kısıtladığı ve dayanım eşiklerini artırmanın uçabilirliği yükseltebileceği gösterilmiştir (Gao vd., 2021).

- Mevzuat ve güvenlik netliği, operasyonel uygulanabilirliğin ön koşuludur. "Mevzuat ve Güvenlik" kriterinin neden grubunda konumlanması, teknik kapasite oluşsa dahi düzenleyici çerçeve ve risk yönetimi süreçleri kurulmadan operasyonların ölçeklenemeyeceğine işaret eder. IHA sistemleri için emniyet risk yönetimi yaklaşımının operasyonel güvence üretmedeki rolü literatürde açıkça vurgulanmaktadır (Clothier ve Walker, 2015).

- Afet yönetimi ekosisteminde çoklu dron bütünleşmesi, uygulama alanını genişletir ancak "neden" faktörler çözülmeden verim sınırlı kalır. Dronların afet yönetimi döngüsünde (izleme, değerlendirme, arama-kurtarma vb.) önemli roller üstlenebileceği; ancak güç/enerji ve operasyon kısıtlarının kritik olduğu ifade edilmektedir (Erdelj vd., 2017). Ayrıca insani yardım lojistiğinde dron uygulamalarında teknoloji–organizasyon–çevre kaynaklı engellerin belirleyici olduğu; düzenleme ve operasyon yönetişiminin önem taşıdığı belirtilmektedir (Rejeb vd., 2021).

Bu çalışma, afet lojistiğinde dron teknolojisi kısıtlarına yönelik ampirik bir analiz sunarak literatürdeki bu önemli boşluğu doldurmaktadır. Daha önceki çalışmalar genellikle bu kısıtları genel bir düzeyde ele alırken, mevcut çalışma DEMATEL yöntemiyle her bir faktörün nedensel etkilerini ve önem sıralamasını bilimsel bulgularla ortaya koymaktadır. Bu yönüyle, özellikle Türkiye bağlamında elde edilen bu sonuçlar, afet lojistiği alanındaki akademik yazına doğrudan ve ölçülebilir bir katkı sağlamaktadır.

5. SON DEĞERLENDİRME

Bu çalışma, afet lojistiğinde dron kullanımını sınırlayan teknolojik ve çevresel kısıtları sistematik biçimde belirlemek ve bu kısıtlar arasındaki nedensel etkileşimleri ortaya koymak amacıyla DEMATEL yönteminden yararlanmıştır. Elde edilen bulgular, söz konusu kısıtların birbirinden bağımsız sorun alanları olarak değerlendirilemeyeceğini; tersine, karşılıklı etkileşimler yoluyla birbirini besleyen ve operasyonel performansı birlikte şekillendiren karmaşık bir yapı sergilediğini göstermektedir. Analiz sonuçları özellikle dron tasarımı ve ağırlığı, batarya kapasitesi/ömrü ve hava koşullarına dayanıklılık kriterlerinin sistem içinde kritik bir konumda olduğunu ortaya koymuştur. Bu faktörler yalnızca yüksek önem düzeyine sahip olmakla kalmamakta, aynı zamanda diğer kriterler üzerinde güçlü neden–sonuç etkileri yaratarak afet operasyonlarında süreklilik ve uygulanabilirliği doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla, afet müdahale süreçlerinde karar vericilerin ve uygulayıcı kurumların, iyileştirme ve yatırım önceliklerini bu kritik sınırlamalar etrafında yapılandırması gerekmektedir.

Çalışma, afet lojistiğinde dron teknolojisinin kısıtlarını doğrudan konu edinen ve bu kısıtların nedensel yapısını DEMATEL yaklaşımıyla modelleyen uygulamalardan biri olarak literatüre metodolojik bir katkı sunmaktadır. Literatür taraması ve uzman görüşleri doğrultusunda oluşturulan 13 kriterli yapı üzerinden yürütülen analiz, özellikle Türkiye bağlamına özgü bulgular üretmiş ve afet lojistiği uygulamalarında karşılaşılan gerçekçi kısıtların analitik bir çerçevede ele alınmasına imkân tanımıştır. Uygulama açısından bakıldığında çalışma, politika

yapıcılar ve operasyon yöneticileri için batarya teknolojilerinin geliştirilmesi, tasarım/ağırlık optimizasyonu ve hava koşullarına dayanıklılığın artırılması gibi öncelikli müdahale alanlarını görünür kılmakta; böylece afet koşullarında sınırlı kaynakların daha etkin ve stratejik biçimde tahsisine katkı sağlamaktadır.

Bu araştırma, afet lojistiğinde dron kullanımına ilişkin kısıtları yalnızca betimlemekle kalmayıp, her bir faktörün göreli önemini ve sistemdeki nedensel rolünü nicel olarak ortaya koyarak literatürdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Önceki çalışmaların çoğu, söz konusu kısıtları genel düzeyde tartışırken; bu çalışma, DEMATEL aracılığıyla faktörler arasındaki etkileşim ağını ve yönlendirici değişkenleri ölçülebilir sonuçlarla sunmuştur. Bu yönüyle elde edilen bulgular, özellikle Türkiye bağlamında afet lojistiği yazınına doğrudan ve somut katkı sağlamaktadır.

Bununla birlikte çalışma bazı sınırlılıklar taşımaktadır. Öncelikle, uzman örnekleminin Türkiye ile sınırlı olması bulguların farklı ülkelerdeki düzenleyici çerçeveler ve operasyonel pratikler açısından genellenebilirliğini kısmen sınırlandırabilir. İkinci olarak, dron teknolojilerindeki hızlı gelişim, zaman içinde kısıtların önem düzeylerinin ve nedensel yapıların değişmesine yol açabilir. Gelecek araştırmalarda farklı ülke örneklemleriyle karşılaştırmalı analizler yapılması, zaman boyutunu içeren tekrar ölçümleriyle bulguların güncelliğinin izlenmesi ve DEMATEL sonuçlarının diğer çok kriterli karar verme yöntemleriyle (ör. ANP, DEMATEL tabanlı hibrit yaklaşımlar) karşılaştırılarak yöntemsel sağlamlığın güçlendirilmesi önerilmektedir.

ETİK BEYAN

Çalışmanın İstanbul Medipol Üniversitesi, Sosyal Bilimler Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 22/04/2024 tarih, 43 karar numaralı Etik Kurul Onayı bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Altay, N., Green III, W. G. (2006), "OR/MS Research in Disaster Operations Management", EuropeanJournal of Operational Research, 175(1), pp. 475-493.

[2] Benarbia, T., Kyamakya, K. (2021), "A Literature Review of Drone-Based Package Delivery Logistics Systems and Their Implementation Feasibility", Sustainability, 14(1), pp. 1-15.

[3] Bendea, H., Boccardo, P., Dequal, S., Giulio Tonolo, F., Marenchino Piras, M. (2015), "Low Cost UAV for Post-Disaster Assessment, The International Archives of the Photogrammetry", Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37, pp. 1373-1379.

[4] Burke, C., Mcwhirter, P. R., Veitch-Michaelis, J., McAree, O., Pointon, Harry A. G., Wich, S., Longmore, S. (2019), "Requirements and Limitations of Thermal Drones for Effective Search and Rescue in Marine and Coastal Areas", Drones, pp. 3(4), 78.

[5] Camara, D. (2014), "Cavalry to the Rescue: Drones Fleet to Help Rescuers Operations over Disasters Scenarios", Conference: International Conference on Antenna Measurements & Applications, Juin Les Pins, France.

[6] Chowdhury, S., Emelogu, A., Marufuzzaman, M., Bian, L., Ona, V. (2017), "Drones for Disaster Response and Relief Operations: A Continuous Approximation Model", International Journal of Production Economics, 188, pp. 167–184.

[7] Christopher, M., Tatham, P. (2011), "Humanitarian Logistics: Meeting the Challenge of Preparing for and Responding to Disasters", Kogan Page, London.

[8] Clothier, R. A., Walker, R. A. (2015), "Safety Risk Management of Unmanned Aircraft Systems", Journal of Air Transportation, 23(3), pp. 28–45.

[9] Colomina, I., Molina, P. (2014), "Unmanned Aerial Systems for Photogrammetry and Remote Sensing: A Review", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 92, pp. 79–97.

[10] Erdelj, M., Król, M., Natalizio, E. (2017), "Wireless Sensor Networks and Multi-UAV Systems for Natural Disaster Management", Computer Networks, 124, pp. 72–86.

[11] Fırat, S., Dabak, R. (2023), "Afetlerde Yardım Malzemeleri Ulaştırmasında İnsansız Hava Aracı Kullanımı", Meriç Uluslararası Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi, 7(Özel Sayı), ss. 35-58.

[12] Gabus, A., Fontela, E. (1972), "World Problems, an Invitation to Further Thought within the Framework of DEMATEL", Battelle Geneva Research Center, Geneva, Switzerland, 1(8), pp. 12-14.

[13] Galindo, G., Batta, R. (2013), "Review of Recent Developments in OR/MS Research in Disaster Operations Management" European Journal of Operational Research, 230(2), pp. 201-211.

[14] Gao, M., Hugenholtz, C. H., Fox, T. A., Kucharczyk, M., Barchyn, T. E., Nesbit, P. R. (2021), "Weather Constraints on Global Drone Flyability", Scientific Reports, 11, 12092.

[15] Gu, Q., Michanowicz, D. R., Jia, C. (2018), "Developing a Modular Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Platform for Air Pollution Profiling", Sensors, 18(12), 4363.

[16] Hajiyev, C., Hacizade, U., Cilden-Guler, D. (2021), "Integration of Barometric and GPS Altimeters Via Adaptive Data Fusion Algorithm", International Journal of Adaptive Control and Signal Processing, 35(1), pp. 2-14.

[17] Hassanalian, M., Abdelkefi, A. (2017), "Classifications, Applications and Design Challenges of Drones: A Review". Progress in Aerospace Sciences, 91, pp. 99–131.

[18] Kotarski, D., Piljek, P., Pranjić, M., Grlj, C. G., Kasać, J. (2021), "A Modular Multirotor Unmanned Aerial Vehicle Design Approach for Development of an Engineering Education Platform", Sensors, 21(8), 2737.

[19] 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), pp. 9891-9898.

[20] Mahony, R., Kumar, V., Corke, P. (2012), "Multirotor Aerial Vehicles: Modeling, Estimation, and Control of Quadrotor", IEEE Robotics & Automation Magazine, 19(3), pp. 20–32.

[21] McWhirter, N., Burke, C., Longmore, S. (2019), "Advances in Drone-Based Remote Sensing for Disaster Management", Remote Sensing Letters, 10(2), pp. 123–132.

[22] Park, Y.-B., Nguyen, K.-H., Kweon, J.-H., Choi, J.-H., Han, J.-S. (2011), "Structural Analysis of a Composite Target-Drone", International Journal of Aeronautical and Space Sciences, 12(1), pp. 84–91.

[23] Raj, A., Sah, B. (2019), "Analyzing Critical Success Factors for Implementation of Drones in the Logistics Sector Using Grey-DEMATEL Based Approach", Computers & Industrial Engineering, 138, 106118.

[24] Rejeb, A., Rejeb, K., Simske, S., Treiblmaier, H. (2021), "Humanitarian Drones: A Review and Research Agenda", Internet of Things, 16, 100434.

[25] Si, Sheng L., You, Xiao Y., Liu, Hu C., Zhang, P. (2018), "DEMATEL technique: A Systematic Review of the State-of-the-Art Literature on Methodologies and Applications", Hindawi Mathematical Problems in Engineering, 2018(1).

[26] Torabbeigi, M., Lim, G. J., Kim, S. J. (2020), "Drone Delivery Scheduling Optimization Considering Payload-Induced Battery Consumption Rates", Journal of Intelligent & Robotic Systems, 97, pp. 471–487.

[27] Tsai, W. H., Chou, W. C. (2009), "Selecting Management Systems for Sustainable Development in Smes: A Novel Hybrid Model Based on DEMATEL, ANP and ZOGP", Expert Systems with Applications, 36(2), pp. 1444-1458.

[28] Tzeng, G. H., Huang, C. Y. (2012), "Combined DEMATEL Technique with Hybrid MCDM Methods for Creating the Aspired Intelligent Global Manufacturing & Logistics Systems", Annals of Operations Research, 197(1), pp. 159-190.

[29] Von Vacano, M., Sander, D., Stocker, A. (2021), "Unmanned Aerial Vehicles in Humanitarian Logistics: A Systematic Literature Review", Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management, 11(2), pp. 243–264.

[30] Van Wassenhove, L.N. (2006), "Humanitarian Aid Logistics: Supply Chain Management in High Gear", Journal of Operational Research Society, 57, pp. 475-489.

[31] Wu, Wei W., Lee, Yu T. (2007), "Developing Global Managers' Competencies Using the Fuzzy DEMATEL Method", Expert Systems with Applications, 32(2), pp. 499-507.

[32] Xu, Z., Yang, J., Peng, C., Wu, Y., Jiang, X., Li, R., Zheng, Y., Gao, Y., Liu, S., Tian, B. (2014), "Development of an UAS for Post-Earthquake Disaster Surveying and Its Application in Ms 7.0 Lushan Earthquake, Sichuan, China", Computers and Geosciences, 68, pp. 22-30.

[33] Yang, Y., Li, Y., Liu, H. (2020), "Critical Success Factors for Emergency Management: A DEMATEL Approach", Safety Science, 130, 104877.

[34] Yücesoy, E., Balçık, B., Çoban, E. (2025), "The Role of Drones in Disaster Response: a Literature Review of Operations Research Applications", International Transactions in Operational Research, 32(2), pp. 545-589.

[35] Zubin, I., Van Arem, B., Wiegmans, B., Van Duin, R. (2020), "Using Drones in the Last Mile Logistics Processes of Medical Product Delivery: A Feasibility Case Study in Rotterdam", In Proceedings of the 99th annual meeting TRB, washington, DC, USA, pp. 12-16.

Dr. Öğr. Üyesi Gonca Reyhan AKKARTAL

Gonca Reyhan AKKARTAL, Yeditepe Üniversitesi, Ticari Bilimler Fakültesi, Lojistik Yönetimi Bölümünden 2009 yılında mezun oldu. Maltepe Üniversitesi Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Yüksek Lisans Programını 2012 yılında tamamladı. 2017 yılında Maltepe Üniversitesi Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programını tamamlayarak Doktor unvanını aldı. 2018 yılında Beykent Üniversitesi Lojistik Yönetimi Bölümünde Doktor Öğretim Üyesi olarak çalışmaya başlayan Dr. AKKARTAL, 2020 yılından beri İstanbul Medipol Üniversitesi Lojistik Yönetimi Bölüm Başkanı olarak görevine devam etmektedir. Akademik çalışma alanları Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi, Risk Yönetimi, Depo ve Envanter yönetimidir.