

The Use of Machine Learning and Artificial Intelligence Techniques in Disaster Logistics, Humanitarian Logistics, Relief Logistics: Systematic Literature Review

Yasin Afşar ¹ , Arzum Büyükkelik ² , Ahmet Şakir Dokuz ³ 

¹ Niğde Ömer Halisdemir University, Ulukışla Vocational School, Department of Transportation Services, 51900 Niğde, Türkiye

² Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, International Trade and Logistics 51240 Niğde, Türkiye

³ Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, 51240 Niğde, Türkiye

Keywords

Disaster logistics, Humanitarian logistics, Relief logistics, Artificial intelligence, Machine learning

Highlights

- * The use of artificial intelligence and machine learning techniques in disaster logistics, humanitarian logistics, and relief logistics
- * Identifying research trends and gaps through a systematic literature review
- * The contributions of artificial intelligence and machine learning techniques to disaster logistics

Aim

The aim of this study is to review the existing literature on the use of artificial intelligence and machine learning techniques in disaster logistics, humanitarian logistics, and relief logistics, and to identify prevailing research trends and gaps

Location

--

Methods

Articles published in the Web of Science database were reviewed using systematic literature review methods

Results

The study shows that artificial intelligence and machine learning techniques are being used extensively in disaster logistics, particularly in forecasting, routing, evacuation planning, network design, and decision support systems

Supporting Institutions

The authors declared that this study has used no support data from other institutions

Financial Disclosure:

The authors declared that this study has received no financial support

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest:

The authors have no conflicts of interest to declare

How to cite

Afşar Y., Büyükkelik A., Dokuz A.Ş., 2026. The Use of Machine Learning and Artificial Intelligence Techniques in Disaster Logistics, Humanitarian Logistics, Relief Logistics: Systematic Literature Review, Turk Deprem Arastirma Dergisi 8(2), 253-263, DOI:10.46464/tdad.1850968.

Manuscript

Research Article

Received: 28.12.2025

Revised: 10.03.2026

Accepted: 22.04.2026

Printed: 31.08.2026

DOI

10.46464/tdad.1850968



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Yasin Afşar

Email: yasin.afsar@ohu.edu.tr

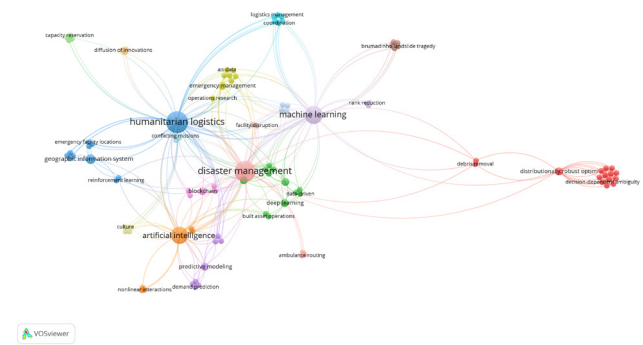


Figure
Keywords word cloud

Afet Lojistiği, İnsani Yardım Lojistiği ve Yardım Lojistiği Alanlarında Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Kullanımı: Sistemik Literatür Taraması

Yasin Afşar ¹ , Arzum Büyükkelik ² , Ahmet Şakir Dokuz ³

¹ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Ulukışla Meslek Yüksekokulu, Ulaştırma Hizmetleri Bölümü, 51900 Niğde, Türkiye

² Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, 51240 Niğde, Türkiye

³ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 51240 Niğde, Türkiye

ÖZET

Çalışmanın amacı afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarında yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin kullanımına ilişkin literatürü incelemek ve araştırma eğilimleri ile boşlukları ortaya koymaktır. Web of Science (WoS) veri tabanında geçmişten 2025 yılı sonunu kapsayacak şekilde yapılan sistemik literatür taramasında 35 makaleye ulaşılmıştır. İki aşamalı analiz sürecinin ilk aşamasında makaleler anahtar kelime, yayın yılı, ülke ve odaklanılan temalar itibarıyla analiz edilmiştir. İkinci aşamada makaleler daha detaylı incelenerek afetlerle ilgili hangi yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin hangi tip karar problemlerinde kullanıldığı belirlenmiştir. Bulgular afet lojistiğinde tahminleme, rotalama ve tahliye planlaması, ağ tasarımı ve dağıtım planlaması gibi problemler ile karar destek sistemlerinin oluşturulmasında yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinden yoğun olarak faydalandığını göstermiştir. Çalışmanın; mevcut durumu ortaya koyarak afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarında gelecekte yapılacak araştırmalar için yol gösterici olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler

Afet lojistiği, İnsani yardım lojistiği, Yardım lojistiği, Yapay zekâ, Makine öğrenmesi

Öne Çıkanlar

* Afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarında yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin kullanımı

* Sistemik literatür taraması ile araştırma eğilimleri ve boşluklarının tespiti

* Yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin afet lojistiğine katkıları

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 28.12.2025

Düzeltilme: 10.03.2026

Kabul: 22.04.2026

Basım: 31.08.2026

DOI

10.46464/tdad.1850968

Sorumlu yazar

Yasin Afşar

E-posta:

yasin.afsar@ohu.edu.tr

The Use of Machine Learning and Artificial Intelligence Techniques in Disaster Logistics, Humanitarian Logistics, Relief Logistics: Systematic Literature Review

Yasin Afşar ¹ , Arzum Büyükkelik ² , Ahmet Şakir Dokuz ³

¹ Niğde Ömer Halisdemir University, Ulukışla Vocational School, Department of Transportation Services, 51900 Niğde, Türkiye

² Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, International Trade and Logistics, 51240 Niğde, Türkiye

³ Niğde Ömer Halisdemir University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, 51240 Niğde, Türkiye

ABSTRACT

The aim of this study is to review the existing literature on the use of artificial intelligence and machine learning techniques in disaster logistics, humanitarian logistics, and relief logistics, and to identify prevailing research trends and gaps. In a systematic literature review conducted using the Web of Science (WoS) database covering the period from its inception through the end of 2025, a total of 35 articles were identified. In the first stage of the two-phase analysis process, the articles were analyzed in terms of keywords, publication year, country, and thematic focus. In the second stage, the articles were examined in greater depth to determine which artificial intelligence and machine learning techniques were applied to which types of disaster related decision problems. The findings indicate that artificial intelligence and machine learning techniques are extensively used in addressing problems such as disaster related forecasting, routing and evacuation planning, network design, and distribution planning, as well as in the development of decision support systems. By presenting the current state of the literature, this study is expected to provide guidance for future research in the fields of disaster logistics, humanitarian logistics, and relief logistics.

Keywords

Disaster logistics, Humanitarian logistics, Relief logistics, Artificial intelligence, Machine learning

Highlights

* The use of artificial intelligence and machine learning techniques in disaster logistics, humanitarian logistics, and relief logistics

* Identifying research trends and gaps through a systematic literature review

* The contributions of artificial intelligence and machine learning techniques to disaster logistics

Manuscript

Research Article

Received: 28.12.2025

Revised: 10.03.2026

Accepted: 22.04.2026

Printed: 31.08.2026

DOI

10.46464/tdad.1850968

Corresponding Author

Yasin Afşar

Email:

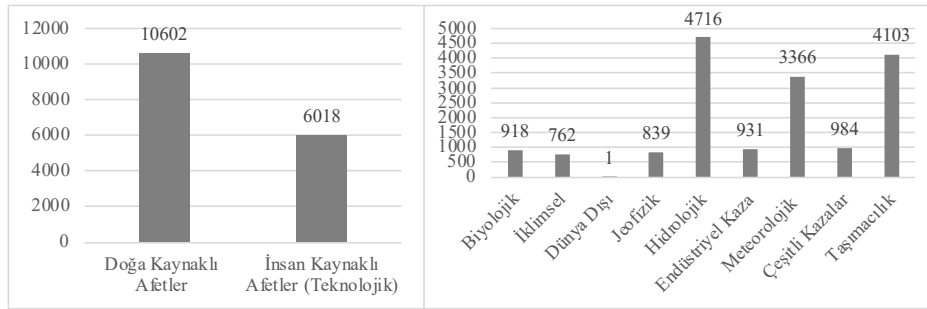
yasin.afsar@ohu.edu.tr

1. GİRİŞ

Afet; toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olaylardır (AFAD 2021). Afet; ölüm, yaralanma, hastalık ve maddi hasar gibi çeşitli belirsizliklerden kaynaklanan ve çoğu zaman rutin prosedür ve kaynaklarla ele alınamayan şiddet ve büyüklükteki acil bir durumdur. Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi'ne (UNDRR) göre afet; maruz kalma, hassasiyet ve kapasite koşullarıyla etkileşime giren tehlikeli olaylar nedeniyle bir toplumda işleyişi aksatan; yaygın insani, maddi, ekonomik veya çevresel kayıplarla sonuçlanan ciddi bozulmalardır (UNDRR 2024). Herhangi bir afet türü belirli bir süre için meydana gelse de genellikle etkilenen toplumun tahammül etme kapasitesinin ötesinde uzun vadeli etkilere sahiptir.

İklim krizi etkisiyle dünyada afetlerin arttığı bilinmektedir. Artan nüfus ve şehirleşme, çevresel bozulma ve insan faaliyetleri afetlerin sıklığı ve şiddetini artıran diğer önemli etkenler olarak görülmektedir. Uluslararası Afet Veri tabanı Afet Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi (EM-DAT) afetleri doğa ve teknolojik/insan kaynaklı olarak ikiye ayırmış; doğa kaynaklı afetleri 6 grupta (biyolojik, iklimsel, dünya dışı,

jeofizik, hidrolojik ve meteorolojik) insan kaynaklı afetleri ise 3 grupta (endüstriyel kaza, çeşitli kazalar ve taşımacılık) sınıflandırmıştır (EM-DAT 2025). AFAD da afetleri kaynağına göre doğa kaynaklı, doğa kaynaklı olmayan (insan kaynaklı) veya bunların birleşimi şeklinde sınıflandırmıştır (Ağdaş ve diğ. 2014, AFAD 2021). Etkisine göre de küçük ölçekli, büyük ölçekli, sık ve seyrek ölçekli afetler şeklinde sınıflandırılırlar (UNDRR 2024). Küçük ölçekli afetler yalnızca belirli bir bölgeyi ve o bölge yerinde toplulukları etkileyen ancak etkilenen topluluğun ötesinden yardıma ihtiyaç duyulan afetlerdir. Büyük ölçekli afetler daha geniş bir topluluğu ya da toplumu etkileyen ve ulusal veya uluslararası geniş çapta yardıma ihtiyaç duyulan afetlerdir. Afetlerin sık veya seyrek olarak sınıflandırılması ise; belirli bir tehlikenin ve etkilerinin meydana gelme olasılığına ve geri dönüş süresine bağlı olup, sık yaşanan afetlerin etkisi kümülatif olabilir veya bir topluluk için kronik hale gelebilir. Bu sınıflandırmalarla birlikte kuraklık, çölleşme, salgın hastalıklar gibi bazı afetler yavaş yavaş gerçekleşebilirken; deprem, volkanik patlama, sel, kimyasal patlama gibi felaketler de ani başlangıçlı afetler olarak kabul edilebilir. Şekil 1'de görüldüğü gibi dünyada 2000-2025 yılları arasında gerçekleşen toplam 16.620 afetin 10.602'si doğa kaynaklı afetler, 6018'i insan yapımı afetler olup, en fazla yaşanan afet türü ise hidrolojik afetlerdir.



Şekil 1: Dünyadaki 2000-2025 yılları arası gerçekleşen afet sayısı ve türleri (EM-DAT 2025)

Figure 1: Number and types of disasters that occurred worldwide between 2000 and 2025 (EM-DAT 2025)

Afetler sırasında ihtiyaç duyulan kaynakların, doğru zamanda, doğru yerde ve doğru şekilde ulaştırılması hayati önem taşır. Bu kapsamda kullanılan "İnsani Yardım Lojistiği", "Afet Lojistiği" ve "Yardım Lojistiği" yaklaşımları çoğu zaman farklı anılsa da özünde benzer amaçlar için yürütülmekte, kapsam yönüyle farklılaşmaktadır. Kapsamı en geniş olan yardım lojistiği; her türlü yardım faaliyetinde ihtiyaç duyulan kaynakların temini, taşınması, depolanması ve dağıtımını içeren lojistik süreçleri genel bir ifadeyle tanımlar. İnsani yardım lojistiği afet, savaş, göç veya kıtlık gibi olağanüstü durumlarda savunmasız insanların acılarını hafifletmek amacıyla mal/malzeme ve ilgili bilgilerin menşei noktasından tüketim noktasına kadar verimli, uygun maliyetli akışını sağlayan planlama, uygulama ve kontrol etme sürecidir (Thomas ve Kopczak 2005). İnsani yardım operasyonlarının lojistik planlaması ve uygulanmasını ifade eden bu yaklaşım, afetlerle sınırlı kalmayıp tüm insani krizleri kapsamı açısından geniş bir çerçeveye sunar. Afet lojistiği ise afet sonrası yardım malzemelerinin etkin ve hızlı şekilde ihtiyaç sahiplerine ulaştırılmasını kapsayan lojistik faaliyetleri tanımlar. Buna göre afet lojistiği; herhangi bir afet sonrası (özellikle de ani gelişen) malzeme ve yardım dağıtımının yönetilmesi, kaynakların doğru ve etkin bir şekilde dağıtılması gibi kritik görevleri içerirken; insani yardım lojistiği daha geniş bir çerçevede savaşlar, göç krizleri ve doğa

kaynaklı felaketler gibi nispeten daha yavaş ve zamanla gelişen durumlar için kullanılan yaklaşımlardır.

Her üç yaklaşım da temel olarak aynı amaca hizmet etmekte olup kriz anlarında malzeme ve hizmetlerin etkin, hızlı ve koordineli bir şekilde ihtiyaç sahiplerine ulaştırılmasını içerir. Bu yaklaşımlardaki lojistik terimi; satın alma, nakliye, elleçleme, takip ve izleme, depolama ve son kilometre teslimatı da dâhil olmak üzere mal, bilgi ve paranın kaynaktan nihai kullanıcıya akışını yönetme olarak tüm tedarik zincirini kapsayacak şekilde anlaşılmaktadır (El Baz ve diğ. 2019, Li ve diğ. 2019). Ancak afet lojistiğinde hız ve doğru müdahale en önemli parametreler olduğundan, geleneksel lojistik ve tedarik zinciri süreçlerine göre daha fazla belirsizlik, karmaşıklık ve dinamiklik içerirler. Geleneksel acil durum yönlendirme sistemleri tüm çabalarına rağmen, sel koşullarının, yol kapanmalarının ve kentsel afet lojistiğinde doğal olarak meydana gelen diğer gerçek zamanlı değişikliklerin dinamik doğasını doğru bir şekilde yakalamakta genellikle zorlanmaktadır (Li ve diğ. 2024). Dolayısıyla; afet ve insani yardım lojistiği süreçlerinin etkin, hızlı ve verimli yönetimi için güçlü karar destek sistemleri ve planlama araçlarına ihtiyaç vardır. Makine öğrenmesi ve yapay zekâ teknikleri afetlerin tahmini, müdahalelerin planlanması ve kurumlar arası koordinasyonun iyileştirilmesi ve yardım

operasyonlarının hazırlık ve zarar azaltma aşamalarında etkili bir araç olarak kullanılabilirler (Pantiris ve diğ. 2025).

Bu çalışmanın temel amacı; Web of Science (WoS) veri tabanında taranan dergilerde “afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği” ile “yapay zekâ ve makine öğrenmesi” konularının birlikte ele alındığı makalelerin sistematik taramasının yapılarak alandaki tematik eğilimlerin belirlenmesi ve konuyla ilgili araştırma boşluklarının ortaya konmasıdır. Araştırmayla, alandaki bilgi kümelenmeleri ve iş birliği ağlarının görünür kılınması, gelecekteki araştırmalara yol gösterici bir kaynak sunmak hedeflenmektedir. Diğer yandan, yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarına hangi yönlerden katkı sağladığının belirlenmesi de hedeflenmektedir. Çalışmanın araştırma soruları şu şekildedir:

1. Afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarında yapay zekâ ve makine öğrenmesi konulu araştırmaların akademik literatürdeki durumu, eğilimleri ve odaklandığı alt temalar nelerdir?
2. Afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarında hangi yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknikleri yaygın olarak tercih edilmiştir?
3. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknikleri afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarına hangi yönlerden katkı sağlamaktadır ve araştırma boşlukları nelerdir?

Bu bağlamda mevcut literatür ışığında, bu teknolojilerin afet ve insani yardım lojistiği üzerindeki etkileri ve potansiyel gelişim alanları detaylı bir şekilde tartışılacaktır. Literatürde afet yönetiminde yapay zekâ kullanımına dair kavramsal açıklamalarda bulunulan çalışmalar (Angin 2024, Ogbuke ve diğ. 2025), afet yönetiminde lojistikle ilgili literatür taraması (Köstepen ve Selim 2025), afetlerin belirli bir yönüne odaklanan taramalar (Zhu ve diğ. 2019; Farazmehri ve Wu 2023) bulunmaktadır. Ancak doğrudan afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarında yapay zekâ ve makine öğrenmesi konularını birlikte ele alan çalışmalarla ilgili güncel bir taramaya rastlanmadığından konu araştırılmaya değer bulunmuştur. Yapılan çalışmayla afet lojistiği ve yapay zekâ konularında yoğunlaşılan alanlar ve araştırma boşluklarının tespit edilmesi ile birlikte hangi alt alanlarda araştırmalar yapılabileceğinin vurgulanması yönüyle literatüre katkı sağlanması beklenmektedir. Çalışmanın girişten sonraki ilk bölümünde tarama metodolojisi sunulmuş, arkasından bulgulara yer verilmiş, sonuç ve öneriler bölümü ile çalışma son bulmuştur.

2. TARAMA METODOLOJİSİ

Bu çalışmada iki aşamalı bir literatür incelemesi yaklaşımı benimsenmiştir. Birinci aşamada “afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği” ile “yapay zekâ ve makine öğrenmesi” konularının birlikte ele alındığı WoS veri tabanında yayımlanmış makaleler sistematik literatür taraması yöntemiyle incelenmiştir. Bu yöntem; mevcut çalışmaların incelenmesi ile bulguların sistematik, şeffaf ve yeniden üretililecek şekilde ortaya konması metodolojisi olup, mevcut veri tabanlarından belirli bir araştırma alanına odaklanılarak yapılan literatür taramasını ifade eder (Yıldız 2022). Özellikle her geçen gün akademik çalışmaların sayısının arttığı, içeriklerinin genişlediği ve değiştiği düşünüldüğünde sistematik literatür taramaları araştırma alanlarının kavramsal, metodolojik ve tematik gelişimlerine katkıda bulunmaktadır (Torraco 2016, Paul ve Criado 2020).

Bu çalışmada tarama kriterleri, araştırmanın amacı ve araştırma soruları doğrultusunda afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği ile yapay zekâ ve makine öğrenmesini birlikte temsil edecek şekilde belirlenmiştir. Tarama, araştırmacılar tarafından en çok kullanılan Web of Science (WoS) veri tabanı (Wang ve diğ. 2019) üzerinden yürütülmüştür. Araştırmada; tarama terimleri olarak “insani yardım lojistiği”, “afet lojistiği” ve “yardım lojistiği” ile “yapay zekâ” ve “makine öğrenmesi” kelimelerinin İngilizce karşılıkları kullanılmıştır (Tablo 1). Veri tabanının detaylı arama kısmına başlık, anahtar kelime, konu ve özetle arama yapmayı sağlayacak alan etiketleri tanımlanmıştır. Başlık için “TI”, anahtar kelime için “AK”, konu için “TS” ve özet için “AB” girilmiştir. Tarama 15 Aralık 2025 tarihinde gerçekleştirilmiş, başlangıç yılı belirtilmeksizin geçmişten itibaren tüm yayınlar araştırma kapsamına dâhil edilmiştir. Tarama sonucunda toplam 40 yayın çıkmış ancak 5’i kongre bildirisi olduğundan taramadan çıkarılmıştır. Bu kapsamda araştırmanın veri seti; başlık, anahtar kelimeler, konu ve özetlerinde insani yardım lojistiği, yardım lojistiği ve afet lojistiği kelimeleri ile birlikte yapay zekâ ve makine öğrenmesi geçen ve çevrimiçi erişilebilen 35 makaleden oluşmaktadır. Makalelerin 27’si fen bilimleri (SCI expanded), 11’i sosyal bilimler (SSCI) ve 7’si de ESCI kapsamında taranan dergilerde yayınlanmıştır. Bazı dergiler birden fazla endekte taranabildiğinden, dergilerin tarandığı tüm endeksler dikkate alınmıştır. Makaleler, araştırma sorularından 1’incisini cevaplayacak istatistiklere ulaşmak amacıyla VOSviewer Programı kullanılarak incelenmiştir.

Tablo 1: Tarama sistematığı ve sonuçlar
Table 1: Screening methodology and results

Veri Tabanı	Web of Science (WoS)	
Arama Terimleri	(TI="HUMANITARIAN LOGISTIC*") AND (TI="ARTIFICIAL INTELLIGENCE") OR (TI="DISASTER LOGISTIC*") AND (TI="ARTIFICIAL INTELLIGENCE") OR (TI="RELIEF LOGISTIC*") AND (TI="ARTIFICIAL INTELLIGENCE") OR (TI="HUMANITARIAN LOGISTIC*") AND (TI="MACHINE") OR (TI="DISASTER LOGISTIC*") AND (TI="MACHINE") OR (TI="RELIEF LOGISTIC*") AND (TI="MACHINE") OR (AK="HUMANITARIAN LOGISTIC*") AND (AK="ARTIFICIAL INTELLIGENCE") OR (AK="DISASTER LOGISTIC*") AND (AK="ARTIFICIAL INTELLIGENCE") OR (AK="RELIEF LOGISTIC*") AND (AK="ARTIFICIAL INTELLIGENCE") OR (AK="HUMANITARIAN LOGISTIC*") AND (AK="MACHINE") OR (AK="DISASTER LOGISTIC*") AND (AK="MACHINE") OR (AK="RELIEF LOGISTIC*") AND (AK="MACHINE") OR (TS="HUMANITARIAN LOGISTIC*") AND (TS="ARTIFICIAL INTELLIGENCE") OR (TS="DISASTER LOGISTIC*") AND (TS="ARTIFICIAL INTELLIGENCE") OR (TS="RELIEF LOGISTIC*") AND (TS="ARTIFICIAL INTELLIGENCE") OR (TS="HUMANITARIAN LOGISTIC*") AND (TS="MACHINE") OR (TS="DISASTER LOGISTIC*") AND (TS="MACHINE") OR (TS="RELIEF LOGISTIC*") AND (TS="MACHINE") OR (AB="HUMANITARIAN LOGISTIC*") AND (AB="ARTIFICIAL INTELLIGENCE") OR (AB="DISASTER LOGISTIC*") AND (AB="ARTIFICIAL INTELLIGENCE") OR (AB="RELIEF LOGISTIC*") AND (AB="ARTIFICIAL INTELLIGENCE") OR (AB="HUMANITARIAN LOGISTIC*") AND (AB="MACHINE") OR (AB="DISASTER LOGISTIC*") AND (AB="MACHINE") OR (AB="RELIEF LOGISTIC*") AND (AB="MACHINE")	
Arama Yeri	Makale Başlığı - Anahtar Kelimeleri - Konu - Özet	
Dönem	Sınırlanılmamıştır (Geçmişten-taramanın yapıldığı 15.12.2025'e kadar)	
Doküman Türü	Makale (Review, Early and Open Access)	
Dil	İngilizce	
Tarama Sonucu Toplam Makale Sayısı		35
SCI-Expanded Taranan Dergilerdeki Makale Sayısı*		27
SSCI		11
ESCI		7

* Bazı dergiler SCI Expanded, SSCI ve ESCI indekslerinden birden fazlasında yer aldığından, indeks bazlı dağılımda yayın sayıları toplamı 35’den fazla olmaktadır.

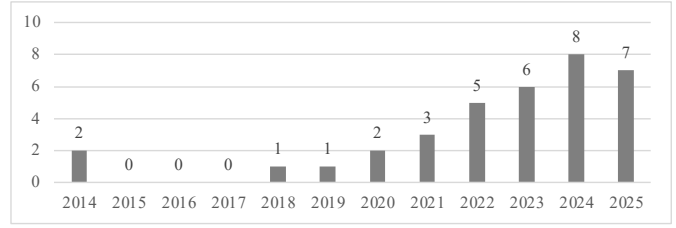
Araştırmanın ikinci aşamasında ise tarama sonucunda elde edilen makalelerde, yapay zekâ ve makine öğrenmesinin kullanım alanları (ağ tasarımı, talep tahmini, hasar tahmini, tesis konumlandırma, erken uyarı sistemleri, kaynak tahsisi, tahliye ve ambülans rotalaması vb.) detaylı olarak incelenmiştir (Tablo 7). Makalelerde yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarına hangi yönlerden katkı sağladığı araştırılmıştır. Böylece 2'nci ve 3'üncü araştırma sorularına cevap aranmıştır.

3. BULGULAR

3.1) Tanımlayıcı İstatistikler

Bu bölümde yapılan tarama sonucunda elde edilen makalelerle ilgili; yayın yılı, yayımlandıkları dergiler, atıf durumu, yayınların yapıldığı ülkeler ve temel araştırma alanı gibi tanımlayıcı bilgilere yer verilmiştir. Makalelerin yayımlandıkları yıllar Şekil 2'de verilmiştir. Taramada yıl sınırlandırması yapılmamıştır. Ancak konuyla ilgili ilk yayınların 2014 yılında başladığı anlaşılmaktadır. Buna göre yapay zekâ ve afet lojistiği konularını birlikte ele alındığı ilk makaleler WoS veri tabanındaki dergilerde 2014 yılından itibaren yayımlanmaya başlanmış ve 2018 yılına kadar yayın üretilmemiştir. 2018 yılından itibaren her sene yayın yapılmış,

2020 yılından itibaren ise artan bir seyir oluşmuştur. 2023 yılında 6, 2024 yılında 8 makale ve 2025'te ise 7 makale yayımlanmıştır.



Şekil 2: Yıllara dayalı makale sayıları
Figure 2: Number of articles by year

Afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği ile yapay zekâ ve makine öğrenmesi konularını birlikte ele alan makalelerin yayımlandıkları dergiler, aldıkları atıf sayısı ve dergilerin etki faktörleri Tablo 2'de verilmiştir. Etki faktörü; bilimsel dergilerin etkililiğinin ölçülmesinde kullanılan bir metriktir. Dergideki makale başına düşen atıf sayısını gösterir ve makalelere yapılan toplam atıf sayısının atıf yapılabilir makale sayısına bölünmesiyle elde edilir (Danışman ve diğ. 2016). Bu kapsamda en çok atıf alan 2 makale International Journal of Production Research dergisinde yayımlanmıştır.

Tablo 2: Makalelerin yayımlandığı dergiler, atıf ve etki faktörleri
Table 2: Journals in which articles were published, citation and impact factors

Dergi İsimleri	Sayı	Atıf Sayısı	Etki Faktörü (2024) (Impact factor)
International J. of Production Research	2	21	7.4
Networks	1	50	1.3
Natural Hazards	1	49	3.7
Inform J. on Computing	1	38	2.1
Safety Science	1	25	5.4
International J. of Disaster Risk Reduction	2	26	4.316
European J. of Operational Research	2	28	6
Sustainability	2	21	3.3
International J. of Geographical Information Science	1	31	5.1
Central European J. of Operations Research	1	19	2.3
Manufacturing & Service Operations Management	1	11	4.2
J. of Knowledge Management	1	27	9.5
Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia	1	7	0.5
Expert Systems with Applications	1	9	7.5
IEEE Transactions On Emerging Topics In Computational Intelligence	1	1	6.5
Annals of Operations Research	2	7	4.5
Progress in Disaster Science	1	10	3.8
Benchmarking: An International J.	1	4	4.4
Data in Brief	1	5	1.4
Engineering Applications of Artificial Intelligence	1	1	8
Applied Sciences Basel	1	1	2.5
Asia Pacific J. of Operational Research	1	3	1
International J. of Combinatorial Optimization Problems and Informatics	1	0	0.3
Transportation Research Part e Logistics and Transportation Review	1	7	8.8
Logistics-Basel	1	0	3.6
J. of Industrial and Management Optimization	1	0	1.6
Military Operations Research	1	0	0.3
Production Planning and Control	1	0	5.4
Computers and Industrial Engineering	1	1	6.5
World Electric Vehicle Journal	1	1	2.6

Yapay zekâ ve afet lojistiği konularını birlikte araştıran makaleler 29 farklı ülkeden araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Makale sayısı en az 1 olacak şekilde ülkelerden

yapılan makale sıklığı Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre en çok Çin ve Amerikada konuyla ilgili çalışma yapıldığı görülmekle birlikte Türkiye de 3 yayımla listede yer almaktadır.

Tablo 3: Yazarlar itibarıyla en fazla yayın yapılan ülke
Table 3: The country with the most publications by author

Ülke	Makale Sayısı	Ülke	Makale Sayısı	Ülke	Makale Sayısı	Ülke	Makale Sayısı
Çin	7	Avustralya	2	Yunanistan	2	Malezya	1
Amerika	6	Güney Kore	2	Kanada	1	Hollanda	1
Türkiye	3	İran	2	Finlandiya	1	Pakistan	1
Brezilya	3	İtalya	2	Kuveyt	1	İskoçya	1
Fransa	3	Meksika	2	Çek Cumhuriyeti	1	Lübnan	1
İngiltere	3	Norveç	2	Japonya	1	Arap Emirlikleri	1
Tayvan	3	Kolombiya	2	Hindistan	1	Tunus	1

Tarama ile elde edilen makalelerin tamamı birden fazla yazarlıdır ve 35 makalede toplam 135 yazarın katkısı bulunmaktadır. Bu makalelerde 20 ve üzeri en çok atıf alan ilk beş yazarın aldıkları atıf sayıları Tablo 4'te verilmiştir. Buna göre konunun aynı araştırmacılar tarafından araştırılmadığı, WoS kapsamındaki dergilerde bir yazarın bu konuyu en fazla 1 kez çalıştığı söylenebilir. Bu yönüyle afet lojistiği ve yapay zekâ konularının araştırmacılar tarafından uzmanlaşılan ve üzerinde yoğunlaşılan bir alan olmadığı söylenebilir.

Tablo 4: Yayınlar ve atıf sayıları
Table 4: Publications and citation numbers

Yazar Adı	Makale Sayısı	Atıf Sayısı
Rodríguez-Espíndola ve diğ. (2020)	1	201
Nurre ve Sharkey (2014)	1	50
Zhu ve diğ. (2019)	1	49
Noyan ve diğ. (2021)	1	38
Li ve diğ. (2024)	1	31

WoS'un araştırma alanları sınıflamasına göre Tablo 5'te görüldüğü gibi makalelerin en çok yöneylem araştırması, mühendislik, işletme ekonomisi ve bilgisayar bilimleri alanlarından dergilerde yayımlandığı anlaşılmaktadır.

Tablo 5: Makalelerin temel araştırma alanları
Table 5: The main research areas of the articles

Araştırma Alanları	Sayısı
Yöneylem Araştırması (Operations Research Management Science)	18
Mühendislik (Engineering)	12
İşletme Ekonomisi (Business Economics)	7
Bilgisayar Bilimleri (Computer Sciences)	7
Geology (Jeoloji)	4
Metoroloji Atmosfer Bilimleri (Meteorology Atmospheric Sciences)	4
Çevre Bilimi Ekoloji (Environmental Sciences Ecology)	3
Fen Teknolojileri Diğer Konuları (Sciences Technology Other Topics)	3
Su Kaynakları (Water Resources)	3

3.2) İçerik Analizi

3.2.1) Anahtar Kelimeler Analizi

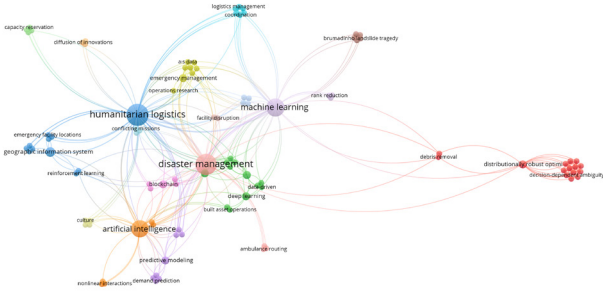
Anahtar kelimeler, çalışmaların ana konularını belirlemede önemli birer göstergedir. Çalışma kapsamındaki 35 makalede toplam 116 anahtar kelime kullanılmıştır. Tablo 6'da verildiği gibi birbiriyle aynı anlama gelen anahtar kelimeler analizi kolaylaştırmak ve odaklanan konuları belirlemek için birleştirilmiştir. Tabloda makalelerde 2 ve daha fazla tekrarlanan anahtar kelimelerin insani yardım lojistiği (humanitarian logistics), afet yönetimi (disaster management), makine öğrenmesi (machine learning) ve yapay zekâ (artificial intelligence) olduğu ve bunların diğer anahtar kelimelerle de yüksek bağlantı gücü olduğu görülmektedir.

Tablo 6: En sık tekrar eden anahtar kelimeler listesi
Table 6: List of most frequently repeated keywords

Anahtar Kelime	Yayın Sayısı	Bağlantı Gücü	Birleştirilen Anahtar Kelimeler
Humanitarian Logistics	18	80	-Humanitarian logistics management -Humanitarian logistics -Humanitarian relief logistics -Humanitarian
Disaster Management	14	70	-Disaster -Disaster relief operations (dro) -Disaster relief operations -OR in Disaster Relief -Intelligent disaster management -Disaster relief management -Disaster evacuation -Post disaster management
Machine Learning	12	58	-Machine -Learning -Data efficient machine learning -Machine learning feedback loop -Machine learning algorithms
Artificial Intelligence	12	42	-AI-based framework -Artificial intelligence -Artificial neural networks -Artificial intelligence (ai)
Geographic information system	3	13	-GIS
Distributionally Robust Optimization	2	16	
Internet of things	2	14	- Internet of things (iot)
Emergency Management	2	12	
Predictive modeling	2	12	-Predictive models -Forecasting method
Blockchain	2	11	-Blockchain technology (bct)
Deep Learning	2	9	

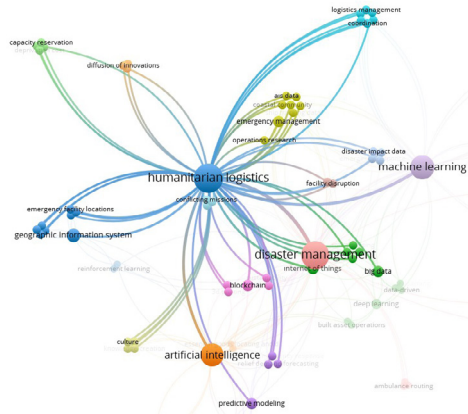
Makalelerde kullanılan anahtar kelimeler için aşağıdaki kelime bulutları oluşturulmuştur. Şekillerdeki her bir düğüm anahtar kelimeleri simgelerken, kenar bağlantıları ise anahtar kelimeler arasındaki bağlantıları göstermektedir. Anahtar kelimenin yani düğümün büyüklüğü, anahtar kelimenin çalışmalar içinde ne yoğunlukta kullanıldığını gösterirken; kenar bağlantı kalınlığı ise anahtar kelimelerin birlikte kullanılma yoğunluğunu göstermektedir.

Şekil 3'teki kelime bulutunda en sık tekrarlayan anahtar kelimelerin insani yardım lojistiği (humanitarian logistics), afet yönetimi (disaster management), makine öğrenmesi (machine learning) ve yapay zekâ (artificial intelligence) olduğu görülmektedir. Bu durum makalelerdeki ana temaları göstermektedir. Bu ana temaların her birisi için daha detaylı görseller elde etmek ve böylece ilişkili olunan diğer alt temaları yakalamak amacıyla ayrıca kelime bulutları (Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7) oluşturulmuştur.



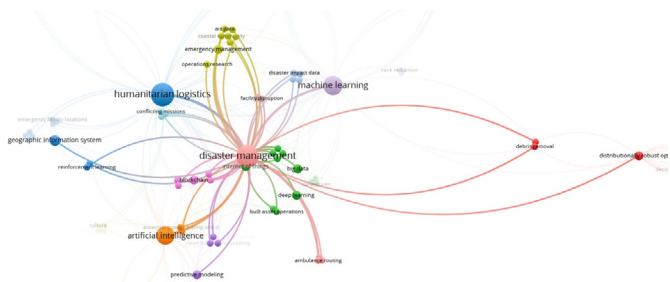
Şekil 3: Anahtar kelimeler kelime bulutu
Figure 3: Keywords word Cloud

Şekil 4'te ana temalardan insani yardım lojistiğinin (humanitarian logistics) bağlantılarındaki kümelenmeler; acil durum yönetimi (emergency management), coğrafi bilgi sistemleri (geographic information system) ve yöneylem araştırması (operations research) gibi temaların yanı sıra daha yeni teknolojilerden blok zincir (block chain), büyük veri (big data) ve nesnelerin interneti (internet of things) alt temaları ile olmuştur. Ayrıca acil tesis konumlandırma (emergency facility locations) ve çakışan görevler (conflicting missions) gibi daha spesifik konularda da kümelenmeler gözlenmiştir. Bu ilişkiler, insani yardım lojistiğinde operasyonel sürekliliğin ve veri temelli karar alma mekanizmalarının öne çıktığı şeklinde yorumlanabilir.



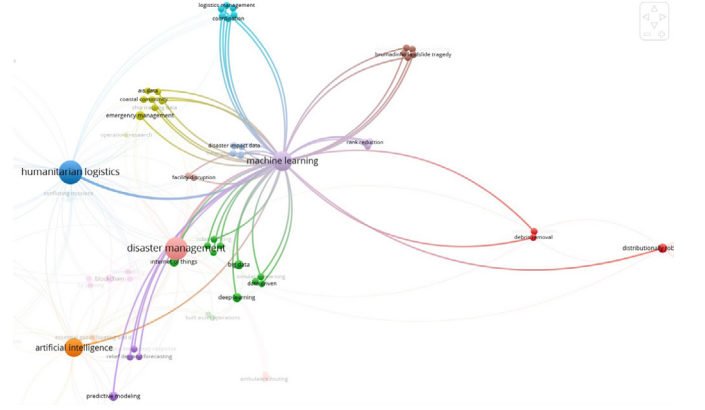
Şekil 4: İnsani yardım lojistiği kelime bulutu
Figure 4: Humanitarian aid logistics word cloud

Şekil 5'te ana temalardan afet yönetiminin (disaster management) bağlantılarındaki kümelenmeler; büyük veri (big data), derin öğrenme (deep learning), blok zincir (blockchain), acil durum yönetimi (emergency management), tahmine dayalı modelleme (predictive modelling) gibi alt temalarla yoğun bağlantısı olduğunu göstermektedir.



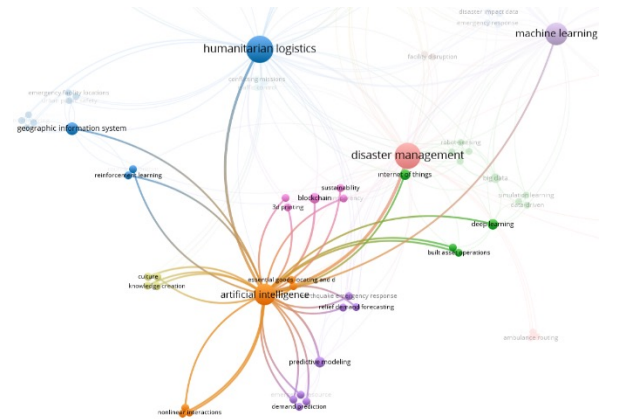
Şekil 5: Afet yönetiminin kelime bulutu
Figure 5: Word cloud of disaster management

Şekil 6'ya göre makine öğrenmesi (machine learning) etrafındaki kümelenmeler; büyük veri (big data), veri odaklı yaklaşımlar (data-driven methods), afet etki verileri (disaster impact data), derin öğrenme (deep learning) ve nesnelerin interneti (internet of things) gibi yönetsel ve teknolojik olarak nitelenebilecek alt temalarla oluşmuştur. Bununla birlikte; tesis kesintileri (facility disruption), enkaz kaldırma (debris removal) ile dağıtım ve rota planlama problemleri (distribution and routing problems) gibi uygulama odaklı temalarda da kümelenmeler görülmektedir.



Şekil 6: Makine öğrenmesi kelime bulutu
Figure 6: Machine learning word cloud

Şekil 7'deki kelime bulutunda yapay zekânın (artificial intelligence) bağlantı kümelenmelerinin; tahmine dayalı modelleme (predictive modeling), talep tahmini (demand prediction), yardım talep tahmini, blok zincir (block chain), coğrafi bilgi sistemleri (geographic information system), derin öğrenme (deep learning), takviyeli öğrenme (reinforcement learning) gibi alt temalarla olduğu görülmektedir.



Şekil 7: Yapay zekâ kelime bulutu
Figure 7: AI word cloud

3.2.2) Makalelerin Amaç ve Analiz Yöntemi Açısından Değerlendirilmesi

Çalışmanın ikinci aşamasında taramayla elde edilen makaleler ön incelemeyle derleme (literatür taraması, vaka analizi ve kavramsal çalışmalar), nitel ve uygulamalı (ampirik ve modelleme) çalışmalar olarak ayrılmıştır. Derleme çalışmalardan Chang ve Chen (2024) alan sınırlaması yapmaksızın insani yardımla birlikte imalat, enerji gibi alanları da taramalarına dâhil ettiklerinden afetlere özgü sınırlı bilgi edinilebilmektedir. Farazmehr ve Wu (2023)

yapay zekâ tabanlı yöntemlerin afet yönetiminde mal ve ekipmanların yerinin belirlenmesi ve konumlandırılması konusunda; Zhu ve diğ. (2019) acil durum yönetiminde talep tahmin metodoloji ve uygulamalarıyla ilgili literatür taraması yapmıştır. Diaz ve diğ. (2019), afetlerde yöneylem araştırması modellerinin kullanımına yönelik tarama yapmış, doğrudan yapay zekâ veya makine öğrenmesi tekniklerine odaklanmamış, ancak modellerde bu tekniklerden yoğun olarak faydalandığını belirtmişlerdir. Rodríguez-Espíndola ve diğ. (2020) insani tedarik zincirlerinde teknolojinin rolünü analiz ederek operasyonların iyileştirilmesi için, Ogbuke ve diğ. (2025) pandemi dönemlerinde tedarik zincirlerindeki aksamaların insani yardım operasyonları üzerindeki etkisinin azaltılması için kavramsal çerçeve önermişlerdir. Pantiris ve diğ. (2025), insani yardım lojistiğinde yapay zekâ kullanımının

koordinasyon ve karar verme süreçlerindeki etkilerini nitel araştırma yöntemiyle incelemişlerdir.

Taramayla erişilen yapay zekâ ve makine öğrenmesi kullanan 26 uygulamalı çalışma ise araştırma sorularından 2'nci ve 3'üncüye cevap bulmak için amaç ve yöntem açısından daha detaylı olarak incelenmiştir (Tablo 7). Buna göre; Racette ve diğ. (2014), Fuqua ve Hespeler (2022), Veloso ve diğ. (2022), Biswas ve diğ. (2024), Galera-Zarco ve Floros (2024), Kim ve Doh (2025) yapay sinir ağları, makine öğrenmesi, denetimli öğrenme ve derin öğrenme yöntemlerini talep tahmini; erken uyarı, hasar ve ihtiyaç öngörüsü için kullanmışlardır. Bu çalışmalar yoğun olarak deprem ve sel afetlerine odaklanmıştır. Bu çalışmalarda lojistik planlamaya sınırlı ölçüde değinildiği görülmüştür.

Tablo 7: Yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerini kullanan uygulamalı çalışmalar
Table 7: Applied studies using artificial intelligence and machine learning techniques

Yazarlar	Amaç	Analiz Yöntem
Noyan ve diğ. (2021)	Dağınık ve karar bağımlı belirsizliği aynı anda ele alan sağlam (robust) optimizasyon problemlerini incelemek ve insani lojistikte de kullanılabilecek formülasyonlar elde etmek.	Stokastik programlama
Chin ve diğ. (2024)	Uluslararası insani yardım lojistiği için kültürlerarası bilginin yönetiminde yapay zekâ ve insan zekâsının Yin-Yang diyalektiği yaklaşımıyla birleştirilmesi ve etkili karar almak için kültürlerarası bir bilgi sistemi oluşturmak.	Oyun teorisi, çok amaçlı optimizasyon ve Markov karar süreci
Khan ve diğ. (2022)	İnsani yardımların şeffaflığı ve sürdürülebilirliğinde nesnelerin interneti, blok zinciri teknolojisi ve yapay zekâ gibi yeni teknolojilerin rolünü ampirik kanıtlara dayalı olarak araştırmak.	Kısmi en küçük kareler yapısal eşitlik modellemesi ve SmartPLS3
Fuqua ve Hespeler (2022)	İki bölgesel insani kriz olayında yakıt talebini ve ABD tarafından Birleşik Müdahale Harekatının bir parçası olarak işletilen tedarik zincirini incelemek ve buna yönelik emtia talep tahminlemesi yapmak.	Temel bileşenler analizi modeli ve uzun-kısa süreli bellek
Biswas ve diğ. (2024)	Depremlerde yardım talep tahminini yapma ve acil durum kaynaklarının dağıtımını optimize eden model geliştirmek.	Yapay zekâ algoritmaları, tahminleme modelleri ve karar ağacı algoritması
Nurre ve Sharkey (2014)	İnsani yardım lojistik ağların kurulmasında da kullanılan ağ tasarımı ve planlama problemlerini incelemek ve yeni bir sezgisel dağıtım algoritması önermek.	Sezgisel dağıtım kuralı algoritması
Nabavi ve diğ. (2022)	Afet yönetiminin müdahale ve afet sonrası aşamalarında, afetzedelerin tahliyesi ve enkaz kaldırma süreçleri için birden fazla aracı senkronize eden bir optimizasyon modeli geliştirmek.	Hibrit makine öğrenimi modeli ve phi-diverjanslı dağıtımsal robust optimizasyon
Veloso ve diğ. (2022)	Brezilya'daki sel, heyelan, kuraklık gibi afetlerden 18 yıllık bir gözlem süresi boyunca etkilenen kişi sayısı verilerini kullanan gerçek optimizasyon örnekleri oluşturmak.	R Kod, zaman serisi analizi ve makine öğrenme teknikleri
Aringhieri ve diğ. (2022)	Hastalara dengeli bir hizmet sunmak için adaleti göz önünde bulundurarak, bir afet sırasında yardım operasyonlarında hasta taşıma için en iyi ambulans rotalarını bulan model geliştirmek.	Makine öğrenimi ve matematiksel model
Aretoulaki ve diğ. (2024)	Bütüncül bir afet yönetimi yaklaşımı sunan AIRDROP platformunun geniş bir afet senaryosu kapsamında sürekliliği ve uygulanabilirliğini sağlamak için gereken şartları belirlemek ve doğrulamak.	Çok kriterli karar verme, İstatistiksel teknikler, makine öğrenmesi.
Mengüç ve diğ. (2023)	Aşılacak bölge, şehir veya ülkelerde etkili aşılama faaliyetleri yoluyla sürecin verimli bir şekilde tamamlanmasını sağlayacak matematiksel bir model geliştirmek.	Matematiksel modelleme ve k-ortalamalar algoritması
Islam ve diğ. (2020)	Gemilerin konumu, kimliği, hızı ve rotası gibi bilgileri diğer gemilere ileten gemi izleme sistemini kullanarak kıyı topluluklarının yaşayabileceği bir afette gerçek ihtiyaçların belirlenmesine yönelik bir model geliştirmek.	Yapay sinir ağları
Li ve diğ. (2024)	Dinamik ve değişken hava ve sel koşulları altında tahliye rotalarını optimize etmeye yönelik model önerisi geliştirmek.	Takviyeli öğrenme, yapay zekâ ve rotalama algoritması
Galera-Zarco ve Floros (2024)	Sismik bir uyarıda, yapının durumu ve elemanların hasar görüp görmediğinin doğru tahminini ve hızlı değerlendirmesini yapan model geliştirmek.	Derin öğrenme
Alban ve diğ. (2021)	Belirli sağlık hizmetleri sunan ve uzak bölgelerdeki müşterilere ulaşmada mobil sağlık birimleri kullanan bir kurumun kaynak tahsisi (ziyaret sıklığı) sorununu incelemek ve kaynak tahsisini optimize edecek bir model önermek.	Sigmoidal fonksiyonların doğrusal olmayan optimizasyonu ve makine öğrenmesi
Chai ve diğ. (2024)	Kar amacı gütmeyen kuruluşlar için çok amaçlı bir afet yardımı modelleme sistemi geliştirmek.	Bulanık çok amaçlı programlama
Guo ve Zhu (2023)	İnsani yardımda parasal maliyeti en aza indirecek şekilde, afet öncesi ve sonrası tedariki dengelemek için stokastik modeller geliştirilmek.	Stokastik model
Racette ve diğ. (2014)	Doğal ve insan yapımı afetlerde yaşanan iletişim hataları, hasarlı altyapı, şiddet, yağma gibi sorunların çözümüne yönelik bir model tasarlamak.	Zaman serisi, lojistik regresyon ve rastgele orman modelleri
Menezes ve diğ. (2024)	Brezilya'nın Minas Gerais kentindeki heyelan trajedisini inceleyerek, etkilenen topluluklarda finansal yardımların uzun vadeli sosyo-ekonomik etkilerinin araştırılması ve sürdürülebilir iyileşme ve dayanıklılığı artırmada bu mali yardımların etkinliğini analiz etmek.	Çok kriterli karar verme ve makine öğrenmesi
Sánchez-Partida ve diğ. (2024)	İnsani yardım tedarik zincirindeki aktörler arasında etkin koordinasyonun sağlanması, bilinçli ve yapılandırılmış kararlar almalarına katkı sağlayan bir lojistik sistemi geliştirmek.	Denetimsiz öğrenme, medoid bölgeleme algoritması ve P-median algoritması
Trejos ve diğ. (2025)	İnsani yardım ağlarında geçici yol kesintilerinin sebep olduğu erişim sorunlarını azaltmak için onarım kaynaklarının (ekipler ve makineler) çizelgelenmesine yönelik karar destek modeli geliştirmek.	Karma tamsayılı doğrusal programlama modeli
Zhao ve Liu (2018)	Kentsel acil durum lojistiğini iyileştirmek.	Karar destek aracı
Amani ve diğ. (2025)	Acil durum lojistik ağlarının planlanması ve tasarımında yapay zekâ ve sağlam optimizasyon yöntemlerinin entegrasyonu.	Matematiksel model, sağlam optimizasyon, makine öğrenmesi
Jmal ve diğ. (2025)	Gezgin tamirci problemi için etkili ve rekabetçi bir sezgisel çözüm yaklaşımı geliştirmek.	Parçacık Sürü Optimizasyonu
Danach ve diğ. (2025)	Afet lojistiğinde belirsizlik altında ortaya çıkan dinamik ve çok amaçlı karar problemlerine yönelik sınırlı kaynakların zamanında, etkin ve önceliklere duyarlı biçimde tahsis edilmesi yoluyla insani kayıpların ve risklerin azaltılması.	Kuantum İlhamlı Evrimsel Algoritma, Pekıştirmeli Öğrenme, Dinamik çok amaçlı matematiksel modelleme
Pan ve diğ. (2025)	Belirsizlik altında karar problemlerinin stokastik programlama modelleriyle çözümünde karşılaşılan zorlukların aşılmasına yönelik makine öğrenimi destekli diferansiyel evrim örnekleme algoritması önermek ve önerilen algoritmanın etkinliğini afet yardım lojistiği problemi üzerinde test etmek.	Makine Öğrenmesi destekli diferansiyel evrim örnekleme algoritması, Stokastik programlama

Amani ve diğ. (2025), Danach ve diğ. (2025), Jmal ve diğ. (2025), Pan ve diğ. (2025) Kuantum-ilhamlı algoritmalar, hipersezgisel çerçeveler, takviyeli öğrenme ve ileri düzey stokastik programlama gibi yenilikçi ve gelişmekte olan yaklaşımlar üzerine çalışılmış ancak teorik ve deneysel simülasyonlar yapıldığından, gerçek veri üzerinde doğrulamaların yetersiz olduğu görülmüştür. Zhao ve Liu (2018), Khan ve diğ. (2022), Chin ve diğ. (2024) yapay zekâ tabanlı karar destek ve koordinasyon çalışmalarına odaklanmış fakat çalışmalarda yine gerçek zamanlı verilerle çalışılmadığı görülmüştür.

Alban ve diğ. (2021), Aringhieri ve diğ. (2022), Nabavi ve diğ. (2022), Guo ve Zhu (2023), Mengüç ve diğ. (2023), Li ve diğ. (2024), Sánchez-Partida ve diğ. (2024), Trejos ve diğ. (2025); rotalama, tahliye planlaması ve kaynak tahsisi odaklı hibrit modeller, stokastik ve sağlam optimizasyonun makine öğrenmesi ile entegrasyonu üzerine çalışmalar yürütmüştür. Bu çalışmalar afet lojistiği ve insani yardım lojistiğinde operasyonel konuları içermektedir. Diğer yandan, Nurre ve Sharkey (2014) ile Amani ve diğ. (2025) insani yardım ve acil durum lojistik ağ tasarımı matmatiksel model ve makine öğrenmesi yöntemlerini birlikte kullanmışlardır. Tablo 7’de görüldüğü üzere makalelerin büyük kısmında yapay zekâ ve makine öğrenmesi ile matmatiksel modeller (stokastik modeller, robust modeller, sezgisel algoritmalar, çok amaçlı programlama modelleri vb.) birlikte kullanılmıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma, afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarında yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin kullanımını geçmişten 2025 yılı sonuna kadarki zaman dilimini kapsayacak şekilde WoS’ ta taranan dergilerdeki makaleler üzerinden incelenmiştir. Sonuçları araştırma soruları temel alınarak aşağıda özetlenmiştir:

1. Afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarında yapay zekâ ve makine öğrenmesi konulu araştırmaların akademik literatürdeki durumu, eğilimleri ve odaklandığı alt temalar nelerdir?

WoS veri tabanında gerçekleştirilen sistematik tarama kapsamında 35 makale belirlenmiş; çalışmaların 2014’te başladığı, 2018 sonrası düzenli arttığı ve 2020’den itibaren belirgin yükseliş eğiliminde olduğu görülmüştür. Taramada yıl sınırlaması yapılmamasına rağmen yapay zekâ ve afet lojistiğinin birlikte ele alındığı ilk çalışmaya yaklaşık 10 yıl önce (yakın bir zamanda) rastlanmıştır. Yapay zekâ teknikleri afetlerin ve zararlarının önceden tahmini, özellikle meteorolojik afetlerde erken uyarı sistemlerinin oluşturulması gibi konularda uzun yıllardan beri kullanılmakla birlikte, afetlere müdahale ve yardım koordinasyonlarında son zamanlarda daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Bu artışın özellikle iklim değişikliği, afet sıklığındaki yükseliş ve dijital teknolojilerdeki ilerlemelerle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Makalelerin yayınlandıkları dergilere bakıldığında bunların özellikle yöneylem araştırması ve mühendislik temel alanlarından ve etki faktörü yüksek dergiler olduğu görülmüştür. Yayınlar için tercih edilen dergilerin küçük bir kısmı doğrudan adında “afet” geçen dergilerdir. Bu durum makalelerde farklı disiplinlerin etkili olduğu ve disiplinlerarası araştırmalara yoğunlaşıldığı şeklinde yorumlanabilir. Yayınlar ülke olarak incelendiğinde en çok Çin ve Amerika’dan konuyla

ilgili yayın yapıldığı, makalelerin tamamının birden fazla yazarlı olduğu ve bu yazarların bu konuyu en fazla 1 kez çalıştığı tespit edilmiştir. Bu yönüyle afet lojistiği ve yapay zekâ konularının araştırmacılar tarafından uzmanlaşılan ve üzerinde yoğunlaşılan bir alan olmadığı söylenebilir.

Odaklanılan ana ve alt temaları belirlemek amacıyla yapılan anahtar kelimeler analizinde beklenildiği gibi en sık tekrarlananlar insani yardım lojistiği, afet yönetimi, makine öğrenmesi ve yapay zekâ temaları olmuştur. Bu ana temalardan insani yardım lojistiği; coğrafi bilgi sistemleri, yöneylem araştırması gibi tekniklerin yanı sıra daha yeni teknolojilerden blok zincir, büyük veri ve nesnelerin interneti gibi konular etrafında kümelenmiştir. Buradaki ilişkiler, insani yardım lojistiğinde operasyonel sürekliliğin ve veri temelli karar alma mekanizmalarının öne çıktığı şeklinde yorumlanabilir. Ana temalardan afet yönetimi; büyük veri, blok zincir, derin öğrenme, acil durum yönetimi, tahmine dayalı modelleme gibi alt temalarla yoğun bağlantı göstermiştir. Diğer bir ana tema olan makine öğrenmesi etrafındaki kümelenmeler; büyük veri, veri odaklı yaklaşımlar, nesnelerin interneti, derin öğrenme gibi yönetsel ve teknolojik olarak nitelenebilecek alt temalarla oluşmuştur. Bununla birlikte; enkaz kaldırma ile dağıtım ve rota planlama problemleri gibi uygulama odaklı temalarda da kümelenmeler görülmüştür. Buna göre makine öğrenmesi tekniklerinin operasyonel verimliliği, koordinasyonu ve müdahale hızını artıran bir karar destek aracı olarak kullanıldığı söylenebilir. Son ana tema yapay zekâ ise; tahmine dayalı modelleme, yardım talep tahmini, coğrafi bilgi sistemleri, derin öğrenme, takviyeli öğrenme gibi alt temalarda yoğun bağlantılar oluşturmuştur. Buna göre, yapay zekânın afet lojistiği literatüründe tahminleme ve modelleme amaçlı kullanıldığı söylenebilir.

2. Afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarında hangi yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknikleri yaygın olarak tercih edilmiştir?

İncelenen uygulamaya dönük çalışmalarda afet ve insani yardım lojistiğinde belirgin bir yapay zekâ tekniği yerine, probleme özgü çeşitlenen yöntemlerin kullanıldığı görülmüştür. Örneğin erken uyarı sistemleri ile yapısal hasar tahmini, yardımlar/ihyaatların öngörüsü gibi tahminlemeye yönelik araştırmalarda karar ağaçları, destek vektör makineleri, rastgele orman ve AdaBoost gibi öğrenme algoritmalarının kullanıldığı görülmüştür. Afet lojistiğinde rota belirleme, kaynak tahsisi ve afetlerde tahliye planlaması gibi karar problemlerinde ise dinamik ve belirsiz ortamlarda öne çıkan takviyeli makine öğrenmesi modelleriyle birlikte; sağlam (robust) ve stokastik optimizasyonun birlikte olduğu hibrit modellerin kullanıldığı görülmüştür. Benzer olarak, insani yardım ve acil durum lojistik ağ tasarımı da matmatiksel model ve makine öğrenmesi yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Bu durum literatürde yapay zekâ modellerinin yoğun olarak yöneylem araştırması yöntemlerini destekleyici bir araç olarak da kullanıldığını göstermektedir.

Elde edilen bu sonuçlar, WoS veri tabanı üzerinden Köstepen ve Selim (2025) tarafından insani yardım lojistiğiyle ilgili (“yapay zekâ ve makine öğrenmesi” anahtar kelimeleri olmaksızın) yapılan genel literatür taramasıyla da benzerlik göstermiştir. İlgili çalışmada; araştırmaların çoğunun operasyonel planlama, afet yönetimi ve yardım dağıtım sistemlerinin verimliliğine

odaklandığı; yöntem olarak da “stokastik programlama”, “sağlam optimizasyon” ve “çok amaçlı programlama” gibi belirsizlik altında karar verme ve optimizasyon modellerinin yaygın kullanıldığı ortaya konmuştur. Ayrıca bibliyografik analizlerle belirlenen araştırma kümelerinde; afetlerdeki yardım dağıtımı ve kaynak tahsisi için optimizasyon odaklı yöntemlerin birlikte kümelendiği; dijitalleşme ve yapay zekânın ise büyük veri, derin öğrenme ve dayanıklılığa odaklanan uygulamalarla birlikte kümelendiği görülmüştür.

3. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknikleri afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve yardım lojistiği alanlarına hangi yönlerden katkı sağlamaktadır ve araştırma boşlukları nelerdir?

Elde edilen makalelerin detaylı incelenmesiyle afet ve insani yardım lojistiğinde yoğun olarak aşağıdaki karar problemlerinde yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin katkı sağladığı söylenebilir:

- **Tahminleme:** Afet sonrası yardım talebinin öngörülmesi ve buna bağlı kaynak planlaması, afet sonrası yapıların hasar tahmini gibi.
- **Rotalama ve tahliye planlaması:** Ambulans yönlendirme, afetzedelerin tahliye rotaları optimizasyonu, enkaz kaldırma süreçlerinin optimizasyonu vb.
- **Ağ tasarımı ve dağıtım planlaması:** Acil durum kaynaklarının dağıtımı, kaynak tahsisi, acil durum lojistik ağ tasarımı, afet sonrası hasarlı yolların onarımında çizelgeleme vb.
- **Karar destek sistemlerinin oluşturulması:** Kurumlar arası bilgi paylaşımını artırmak, paydaş koordinasyonu, insani yardımların şeffaflığı ve sürdürülebilirliği, kültürlerarası bilgi yönetimi vb.

Bu sonuçlar; afet lojistiği ve yapay zekâ konularının birlikte ele alındığı çalışmaların son yıllarda giderek artması afet yönetimi

ve insani yardım süreçlerinin daha etkili, verimli ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi yönündeki çabalara işaret etmekle birlikte henüz yetersiz olduğu ve alanın gelişmeye çok açık olduğunu göstermektedir. Yapay zekâ tekniklerinin güçlü veri analiz yetenekleri ve otomatik karar verme sistemleri sayesinde, afet lojistiğinde karşılaşılan zorlukların (gecikmeler, tıkanıklık, yetersiz iletişim, hesap verebilirlik gibi) aşılmasında büyük kolaylık getirmesi mümkündür. Örneğin; belirsizlik ve dinamikliğin hâkim olduğu afet anlarında gerçek zamanlı güncellemeler sağlanarak ani talep değişikliklerini tahmin etme, yardım dağıtımlarının yeniden yönlendirilmesi, acil durum ekiplerinin anlık iletişiminin sağlanması gibi hususlarda bu teknikleri kullanmak etkinliği artıracaktır.

Tarama sonucunda; afet lojistiğinde yapay zekânın çoğunlukla müdahale ve hazırlık aşamalarında kullanıldığını, ancak iyileştirme ve dayanıklılık odaklı uzun vadeli uygulamalarda görece sınırlı kaldığı görülmüştür. Çalışmaların büyük kısmında sahadan toplanan gerçek zamanlı verinin kullanılmadığı da tespit edilmiştir. Günümüzde dijitalleşme ve iletişim teknolojilerindeki gelişmelerin etkisiyle özellikle afet alanlarına yönelik verinin artacağı düşüncesinden hareketle, gelecekteki çalışmaların gerçek veriye dayalı uygulamalar şeklinde yapılması önerilebilir. Diğer yandan deprem, sel ve salgın dışındaki afetlere yönelik araştırmaların sınırlı olduğu görüldüğünden, araştırmacıların diğer afetlere yönelik çalışmaları literatürü zenginleştirecektir. Dolayısıyla yapay zekânın insani yardım ve afet lojistiği alanlarında kullanımıyla ilgili literatür farklı yönleriyle gelişmeye çok açıktır. Gelecekteki yayınların bu boşluklara yönelik planlanması alana önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu araştırmanın en önemli kısıtı İngilizce dilinde yazılan ve WoS veri tabanındaki makalelerle sınırlı olmasıdır. Daha farklı diller ve veri tabanlarında yapılacak literatür taramalarıyla elde edilecek bilgi de farklılaşacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu makale, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Yasın Afşar tarafından, Prof. Dr. Arzum Büyükköklik danışmanlığında ve Doç. Dr. Ahmet Şakir Dokuz ikinci danışmanlığında hazırlanan doktora tezinden üretilmiştir.

KAYNAKLAR

AFAD, 2021. Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Erişim adresi: <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afetyonetimi-terimleri-sozlugu>

Ağdaş M., Bali Ö., Ballı H., 2014. Afet Lojistiği Kapsamında Dağıtım Merkezi İçin Yer Seçimi: Smaa-2 Tekniği İle Bir Uygulama, Beykoz Akademi Dergisi, 2(1), 75-94, <https://doi.org/10.14514/BYK.m.21478082.2014.2/1.75-95>

Alban A., Blaettchen P., Vries H., Wassenhove L.N.V., 2021. Resource Allocation with Sigmoidal Demands: Mobile Healthcare Units and Service Adoption, Manufacturing & Service Operations Management, 24(6), 2944-2961.

Amani M.A., Sarkodie S.A., Sheu J.B., Nasiri M.M., Tavakkoli-Moghaddam R., 2025. A data-driven hybrid scenario-based robust optimization method for relief logistics network design, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 194, 103931.

Angin C., 2024. Artificial Intelligence in Disaster Management: Approaches, Methods and Applications, Turk Deprem Arastirma Dergisi, 6(2), 610-627, <https://doi.org/10.46464/tad.1532261>

Areoulaki E., Ponis S.T., Plakas G., 2024. Requirements Engineering for a Drone-Enabled Integrated Humanitarian Logistics Platform, Applied Sciences, 14(15), 6464.

Aringhieri R., Bigharaz S., Duma D., Guastalla A., 2022. Fairness in ambulance routing for post disaster management, Cent Eur J Oper Res, 30, 189-211.

- Biswas S., Kumar D., Hajiaghahi-Keshteli M., Kumar Bera U., 2024. An AI-based framework for earthquake relief demand forecasting: A case study in Türkiye, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 102(104287).
- Chai R., He H., Liu D., Chen J., 2024. A fuzzy multi-objective programming model for the delivery and distribution of humanitarian relief materials, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 137, Part A, 109113.
- Chang K.H., Chen T.L., 2024. Simulation Learning and Optimization: Methodology and Applications, *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 2440008.
- Chin T., Cheng T., Wang C., Huang L., 2024. Combining artificial and human intelligence to manage cross-cultural knowledge in humanitarian logistics: a Yin–Yang dialectic systems view of knowledge creation, *Journal of Knowledge Management*, 28(7), 1963-1977.
- Danach K., Harb H., Saker L., Raad A., 2025. Quantum-Inspired Hyperheuristic Framework for Solving Dynamic Multi-Objective Combinatorial Problems in Disaster Logistics, *World Electric Vehicle Journal*, 16(6), 310.
- Danişman Ş., Yalçın M., Çiftçi Ş.K., Tosuntaş Ş.B., Sölpük N., Ay Y., Karadağ E., Yücel E., 2016. Türkiye’de eğitim bilimleri alanında yayımlanan dergilerin bilimsel yayın haritası: Dergi etki faktörleri üzerine bir inceleme, *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 22(4), 483-506.
- Diaz H.L., Imitola K.A., Amado R.J.A., 2019. OR/MS research perspectives in disaster operations management: a literature review, *Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*, 91, 43-59.
- El Baz J., Laguir I., Stekelorum R., 2019. Logistics and Supply Chain Management Research in Africa: A Systematic Literature Review and Research Agenda, *International Journal of Logistics Management*, 30(1), 8-38.
- EM-DAT, 2025. Monitoring hazards & disasters worldwide since 1988, The International Disaster Database Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (EM-DAT), Erişim adresi: <https://www.emdat.be/>
- Farazmehr S., Wu Y., 2023. Locating and deploying essential goods and equipment in disasters using AI-enabled approaches: A systematic literature review, *Progress in Disaster Science*, 19, 100292.
- Fuqua D., Hespeler S., 2022. Commodity demand forecasting using modulated rank reduction for humanitarian logistics planning, *Expert Systems with Applications*, 206, 117753.
- Galera-Zarco C., Floros G., 2024. A deep learning approach to improve built asset operations and disaster management in critical events: an integrative simulation model for quicker decision making, *Ann Oper Res*, 339, 573-612, <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05247-z>
- Guo P., Zhu J., 2023. Capacity reservation for humanitarian relief: A logic-based Benders decomposition method with subgradient cut, *European Journal of Operational Research*, 311(3), 942-970.
- Islam S., Goerlandt F., Feng X., Uddin M.J., Shi Y., Hilliard C., 2020. Improving disasters preparedness and response for coastal communities using AIS ship tracking data, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51, 101863.
- Jmal S., Haddar B., Chabchoub. H., 2025. A Guided Quantum Particle Swarm Optimization approach for the traveling repairman problem, *Journal of Industrial and Management Optimization*, 2025, 21(7), 4753-4786.
- Khan M., Parvaiz G.S., Ali A., Jehangir M., Hassan N., Bae J., 2022. A Model for Understanding the Mediating Association of Transparency between Emerging Technologies and Humanitarian Logistics Sustainability, *Sustainability* 14, 6917.
- Kim J.D., Doh H.H., 2025. Backward Elimination Based on an Ensemble of Spare Parts to Forecast Initial Provisioning Demands, *Military Operations Research*, 30(2), 69–82, JSTOR, <https://www.jstor.org/stable/27397118>
- Köstepen Z.N., Selim H., 2025. Literature Review on Humanitarian Logistics in Disaster Management: A Risk-Oriented Approach, *Sustainability*, 17(21), 9773.
- Li D., Zhang Z., Alizadeh B., Zhang Z., Duffield N., Meyer M.A., Behzadan A.H., 2024. A reinforcement learning-based routing algorithm for large street networks, *International Journal of Geographical Information Science*, 38(2), 183-215.
- Li C., Zhang F., Cao C., Liu Y., Qu T., 2019. Organizational Coordination in Sustainable Humanitarian Supply Chain: An Evolutionary Game Approach, *Journal of Cleaner Production*, 219, 291-303.
- Menezes A., Wanke P., Antunes J., Pimenta R., Frare I., Andrade A., Oliveira W., Mamede A., 2024. Socio-Economic Impact of the Brumadinho Landslide: A Hybrid MCDM-ML Approach, *Sustainability*, 16(18), 8187.
- Mengüç K., Aydın N., Ulu M., 2023. Optimisation of COVID-19 vaccination process using GIS, machine learning, and the multi-layered transportation model, *International Journal of Production Research*, 1-14.
- Nabavi S.M., Vahdani B., Afshar-Nadjafi B., Adibi M.A., 2022. Synchronizing victim evacuation and debris removal: A data-driven robust prediction approach, *European Journal of Operational Research*, 300(2), 689-712.
- Noyan N., Rudolf G., Lejeune M., 2021. Distributionally Robust Optimization Under a Decision-Dependent Ambiguity Set with Applications to Machine Scheduling and Humanitarian Logistics, *INFORMS Journal on Computing*, 34(2), 729-751.

- Nurre S.G., Sharkey T.C., 2014. Integrated network design and scheduling problems with parallel identical machines: Complexity results and dispatching rules, *Networks*, 63: 306-326.
- Ogbuke N., Yusuf Y.Y., Gunasekaran A., Wang X., 2025. Humanitarian supply chain operations and COVID-19: the roles of data-driven innovations, *Production Planning & Control*.
- Pan J.S., Song P.C., Chu S.C., Snášel V., Watada J., 2025. Machine Learning-Enabled Evolutionary Two-Stage Stochastic Programming, *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence* (early access).
- Pantiris P., Pallis P.L., Chountalas P.T., Dasaklis T.K., 2025. Enhancing Coordination and Decision Making in Humanitarian Logistics Through Artificial Intelligence: A Grounded Theory Approach, *Logistics*, 9(3), 113.
- Paul J., Criado A.R., 2020. The Art of Writing Literature Review: What Do We Know and What Do We Need to Know?, *International Business Review*, 29, 101717.
- Racette M.P., Smith C.T., Cunningham M.P., Heekin T.A., Lemley J.P., Mathieu R.S., 2014. Improving Situational Awareness for Humanitarian Logistics Through Predictive Modeling, *IEEE Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS)*, 334-339.
- Rodríguez-Espíndola O., Chowdhury S., Beltagui A., Albores P., 2020. The potential of emergent disruptive technologies for humanitarian supply chains: the integration of blockchain, Artificial Intelligence and 3D printing, *International Journal of Production Research*, 58(15), 4610-4630.
- Sánchez-Partida D., Bernábe Loranca M.B., Ruiz-Vanoye J.A., Barrera Camara R.A., 2024. Cluster of Vulnerable Municipalities in Mexico to facilitate the Creation of Coordination Mechanisms in the Humanitarian Responses through Machine Learning Techniques, *International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics*, 15(3), 28-42.
- Thomas A.S., Kopczak L., 2005. From Logistics to Supply Chain Management: The Path Forward in the Humanitarian Sector, Fritz Institute, California, 15. 1-15.
- Trejos C.A.R., Meisel J.D., Jaimes W.A., Cabrera J.P.O., 2025. Repair resources scheduling for attention of transitory road disruptions in humanitarian aid networks, *Computers & Industrial Engineering*, 203, 111020.
- Torraco R.J., 2016. Writing Integrative Literature Reviews: Using the Past and Present to Explore the Future: Using the Past and Present to Explore the Future, *Human Resource Development Review*, 15(4), 404-428.
- UNDDR, 2024. Sendai Framework Terminology on Disaster Risk Reduction, Erişim Adresi: <https://www.undrr.org/terminology/disaster>
- Veloso R., Cespedes J., Caunhye A., Alem D., 2022. Brazilian disaster datasets and real-world instances for optimization and machine learning, *Data in Brief*, 42, 108012, ISSN 2352-3409.
- Wang C., Lim M.K., Lyons A., 2019. Twenty Years of the International Journal of Logistics Research and Applications: A Bibliometric Overview, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 22(3), 304-323.
- Yıldız A., 2022. Bir Araştırma Metodolojisi Olarak Sistematik Literatür Taramasına Genel Bakış, *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 22 (Özel Sayı 2), 367-386.
- Zhao M., Liu X., 2018. Development of decision support tool for optimizing urban emergency rescue facility locations to improve humanitarian logistics management, *Safety Science*, 102, 110-117.
- Zhu X., Zhang G., Sun B., 2019. A comprehensive literature review of the demand forecasting methods of emergency resources from the perspective of artificial intelligence, *Nat Hazards*, 97, 65-82.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (*Conflict of Interest / Relationship*)

Araştırma kapsamında herhangi bir kişiyle ve/veya kurumla çıkar çatışması/ilişkisi bulunmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (*Author Contributions*)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): Y.A., A.B.
- Literatür araştırması (*Literature research*): Y.A., A.B.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/ compilation of data*): Y.A.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): Y.A., A.B., A.Ş.D.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/ tables/software*): Y.A.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): Y.A., A.B., A.Ş.D.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (*Writing, editing and checking of manuscript*): Y.A., A.B., A.Ş.D.