

LOJİSTİK HİZMET SAĞLAYICI İŞLETMELERDE YAPAY ZEKÂ BENİMSEME ENGELLERİNİN SWARA YÖNTEMİYLE ÖNCELİKLENDİRİLMESİ¹

Semih TIĞLIOĞLU*

Bartın Üniversitesi İşletme Ana Bilim Dalı Doktora Öğrencisi semihiglioglu@hotmail.com,
ORCID ID: 0000-0003-2571-8636

Doç. Dr. Sabahattin ÇETİN

Bartın Üniversitesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı scetin@bartin.edu.tr, ORCID ID:
0000-0001-9686-1806

Dr. Öğr. Üyesi Halil KARLI

Bartın Üniversitesi Uluslararası Ticaret ve Lojistik Anabilim Dalı hkarli@bartin.edu.tr, ORCID ID:
0000-0002-5366-9774

ÖZ

Dijitalleşme ve otomasyon baskısının arttığı lojistik sektöründe Yapay Zekâ (YZ) uygulamalarının benimsenmesi önemli fırsatlar sunmakla birlikte çok boyutlu engellerle karşılaşmaktadır. Bu çalışma, lojistik hizmet sağlayıcı işletmelerde YZ kullanımını etkileyen engellerin hangileri olduğu ve bu engellerin göreceli önem düzeylerinin nasıl sıralandığı sorusuna odaklanmaktadır. Araştırmanın amacı, literatürden türetilen yedi ana ve yirmi dokuz alt engel kriterinin öncelik düzeylerini belirlemektir. Veriler, lojistik sektörü ve akademiden 20 uzmanın yapılandırılmış anket formu aracılığıyla elde edilmiş ve SWARA yöntemi (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) ile ağırlıklandırılmıştır. Bulgular, ana engel gruplarında insan kaynakları ve yetkinlik engellerinin ilk, teknolojik ve altyapı engellerinin ikinci, ekonomik engellerin ise üçüncü sırada yer aldığını göstermektedir. Alt kriterlerde,

¹ Bu çalışma Bartın Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsünde yürütülmekte olan “Lojistik Hizmet Sağlayıcı İşletmelerde Yapay Zekâ Kullanımının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Değerlendirilmesi” başlıklı doktora tezi verilerinden üretilmiştir.

insan kaynakları ve yetkinlik boyutunda teknik bilgi yetersizliği, eğitim eksikliği ve düşük dijital yetkinlik; teknoloji ve altyapı boyutunda ise yetersiz dijital/fiziksel altyapı öne çıkmıştır. Sonuç olarak, çalışma YZ benimsemesinde temel problemin yalnızca teknoloji yatırımı değil, yetkin insan kaynağı, örgütsel hazırlık ve kaynak tahsisi olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, literatüre lojistik bağlamında engel önceliklendirme çerçevesi, uygulamaya ise yatırım ve dönüşüm önceliklerini sıralama olanağı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Lojistik hizmet sağlayıcılar, yapay zekâ, yapay zekâ engelleri, swara

PRIORITIZING ARTIFICIAL INTELLIGENCE ADOPTION BARRIERS IN LOGISTICS SERVICE PROVIDER FIRMS USING THE SWARA METHOD

Abstract

In the logistics sector, where the pressure of digitalization and automation is increasing, the adoption of artificial intelligence (AI) applications offers significant opportunities, yet it also faces multidimensional barriers. This study focuses on identifying the barriers affecting the use of AI in logistics service provider firms and determining the relative importance of these barriers. The aim of the research is to prioritize seven main and twenty-nine sub-barrier criteria derived from the literature. The data were obtained from the evaluations of 20 experts from the logistics sector and academia through a structured questionnaire and were weighted using the SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) method. The findings indicate that among the main barrier groups, human resources and competency-related barriers rank first, followed by technological and infrastructure barriers, and economic barriers in third place. At the sub-criteria level, within the human resources and competency dimension, lack of technical knowledge, insufficient training, and low digital competency stand out, while within the technology and infrastructure dimension, inadequate digital and physical infrastructure emerges as a key issue. Consequently, the study reveals that the primary challenge in AI adoption is not merely technological investment, but also the availability of competent human resources, organizational readiness, and effective resource allocation. Furthermore, the study contributes to the literature by providing a barrier prioritization framework in the logistics context and offers practical implications by guiding investment and transformation priorities.

Keywords: Logistics service providers, artificial intelligence, ai barriers, swara

1. Giriş

Lojistik sektörü, küresel tedarik zincirlerinin dijitalleşme ve otomasyon baskısıyla köklü bir dönüşüm sürecine girdiği bu dönemde yapay zekâ (YZ) teknolojileriyle yeniden şekillenmektedir. Bilgi teknolojileri ve otomasyonun üretim süreçlerine entegrasyonu ile ortaya çıkan Endüstri 4.0, insan-makine etkileşimini yeni bir boyuta taşıyarak rekabet edebilirliğin temel koşulu haline gelmiştir (Qin vd., 2016). Bu dönüşümün merkezinde yer alan dijital entegrasyon, yalnızca üretim verimliliğini değil, ekonomik ve sosyal çevrenin tamamını dönüştürmekte, lojistik işletmelerini de bu değişimin en kritik paydaşları konumuna yerleştirmektedir (Hamrol vd., 2019; Ali ve Phan, 2022).

Dijitalleşme ile beraberinde daha da yaygınlaşan küreselleşme, lojistik işletmelerini dramatik değişimlerin en kritik aktörleri konumuna taşımıştır. Bu alanın en önemli rol sahibi olan lojistik hizmet sağlayıcıları; müşteri memnuniyetini artırmak, yatırım getirisini optimize etmek ve lojistik ağlarının değişen dinamiklerine uyum sağlamak gibi çok boyutlu talepleri aynı anda karşılamak durumundadır (Tse vd., 2009). Blok zinciri, nesnelerin interneti, robotik, makine öğrenimi ve YZ gibi dönüştürücü teknolojiler tedarik zinciri ve lojistiğin işleyiş kurallarını yeniden şekillendirerek gelişmiş izlenebilirlik, öngörücü analiz ve gerçek zamanlı veri entegrasyonu sağlamaktadır (Yang vd., 2025).

Birçok çalışmada uygulayıcılar ve araştırmacılar tarafından YZ konusu ele alınmış olsa da lojistikte YZ'nin katkısının ya da beraberinde getireceği zorluklarının hâlâ keşfedilmesi gereken yönleri bulunmaktadır (Toorajipour vd., 2021). YZ teknolojisiyle desteklenmiş lojistik sektöründe farklılaştırılmış bilgi kaynaklarının rasyonel bir şekilde tahsis edilebileceği ve bunların en iyi seviyeye ulaştırılabileceği net bir şekilde görülmüştür (Xia vd., 2020). Hızla ilerleme kaydeden sektörde dijital sistemlerin yer alması üretkenlik ve potansiyel faydaların kullanım kolaylığını sağlamaktadır. Yararlı olduğuna inanılan tüm yenilikçi adımların benimsenmesiyle yeni faaliyet biçimleri, iletişim ve teknolojik iş birliklerini ortaya çıkaran düzenli sistemlerin de sektöre entegre edilmesi gerekmektedir (Rugiubei ve Stoica, 2025; Fang vd., 2023). Hızlı teslimat sistemleri, depo otomasyonu ve öngörücü analizler de dahil olmak üzere lojistikte YZ kullanımının operasyon mükemmelliğini önemli ölçüde artırdığı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Malhotra ve Kharub, 2025). Günümüz lojistik sektöründe dijitalleşme ve otomasyon süreçleri ile YZ uygulamaları

stratejik bir rekabet avantajı sunar hale gelmiştir. Bu alanda gerçekleştirilen YZ uygulamalarının en yüksek seviyede kazanç sağlanabilecek alanlar olduğu kabul edildiğinden, karşılaşılan engellerin bertaraf edilmesi de aynı zamanda büyük önem taşımaktadır.

Bu bağlamda, lojistik sektöründe YZ'nin benimsenmesini kolaylaştıran itici güçler kadar, süreci sektöre uğratan engellerin de sistematik biçimde belirlenmesi ve önceliklendirilmesi kritik bir ihtiyaç haline gelmektedir. Engellerin yalnızca varlığını tespit etmek değil; hangisinin daha baskın olduğunu ortaya koymak, yöneticilere ve politika yapıcılara somut bir yol haritası sunmaktadır. Literatürde YZ kullanımını etkileyen engellere yönelik farklı sektörlerde çeşitli çok kriterli karar verme yöntemleriyle çalışmalar yürütülmüştür. Ancak lojistik hizmet sağlayıcı işletmeler özelinde bu engellerin kapsamlı bir kriter çerçevesiyle ele alındığı ve SWARA yöntemiyle ağırlıklandırıldığı bir çalışmaya literatürde rastlanmamaktadır. Bu çalışmanın amacı lojistik hizmet sağlayıcı işletmelerdeki YZ kullanımını etkileyen engel unsurlarının belirlenmesi ve sıralanmasıdır.

Çalışmanın ikinci bölümünde lojistik hizmet sağlayıcılar, YZ ve YZ kullanımındaki engellere ilişkin literatür taraması sunulmaktadır. Üçüncü bölümde araştırma modeli, SWARA yöntemi ve veri toplama süreci açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde bulgular ayrıntılı biçimde ele alınmaktadır. Beşinci bölümde ise sonuç ve tartışma değerlendirmeleri yer almaktadır.

2. Literatür Taraması

2.1. Lojistik Hizmet Sağlayıcılar

Lojistik siparişlerin uygun maliyetle karşılanmasında mevcut ve gelecekteki kârlılığın, ekonomik verimliliği artıracak şekilde organizasyonun kendisi ve pazarlama kanalları aracılığıyla bilgi akışını sağlayarak; malzemelerin, ara malların, üretimi tamamlanmış envanterin ve üretimle ilgili malzemelerin tedarik edilmesi, taşınması ve depolanması sürecinin stratejik anlamda yönetilmesi olarak ifade edilmektedir (Christopher, 2011). Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi ise (CSCMP) lojistiği şu şekilde tanımlamıştır. “*Müşterilerin gereksinimlerini karşılamak amacıyla üretimin yapıldığı başlangıç noktası ile tüketicinin gerçekleştiği son nokta arasındaki malların, hizmetlerin ve konuyla alakalı bilgilerin ileriye ve geriye doğru her iki yöndeki akışını ve depolanmasını, etkili ve verimli bir biçimde planlayan, uygulayan, kontrol eden tedarik zinciri yönetiminin bir parçasıdır*” (cscmp.org, 2024).

Lojistik hizmet sağlayıcıları (Prockl vd., 2012) tarafından üçüncü taraf lojistik sağlayıcılar olarak tanımlanan, önceden işletmenin kendi içinde gerçekleştirdiği tüm lojistik faaliyetlerinin bir kısmının veya hepsinin dış kaynaklardan temin edilmesi işlemlerini yürütmektedir. Ürünlerin üretimi veya kullanılan hammaddelerle birlikte üretimi tamamlanan nihai ürünlerin elleçlenmesi, depolanması ve nakliyesinin yapılmasında uzmanlık kazanmış lojistik birimleridir (Jenkins, 2023). Müşterileri adına lojistik faaliyetlerini yürütmekte ve tedarik zincirinin en etkili kısmını oluşturmaktadır (Panayides ve So, 2005). Bu birimlerin performanslarının başarı süreçleri ve kaynakları, müşterilerle ve tedarikçilerle ilişkileri yönetebilme kabiliyetine bağlıdır (Imane vd., 2025). Potansiyel değişim gösteren müşteri taleplerini hızlı biçimde gerçekleştirme eğiliminde olan lojistik hizmet sağlayıcı bu işletmeler geleneksel reaktif bir yaklaşım içinde olduklarından (Marcus Wallenburg vd., 2010) olgunluk seviyelerinin değerlendirilmesi ve teknoloji uygulamalarıyla iyileştirme yapılacak alanların belirlenmesi gerekmektedir (Baglio vd., 2025). Bu sebeple lojistik hizmet sağlayıcılar teknolojik inovasyonlar ile etkin kaynak kullanımı yaparak yeni dijital uygulamaları hayata geçirmelidir. Bu dönüşümün merkezinde ise YZ teknolojileri yer almakta olup bir sonraki bölümde YZ kavramı ve lojistik sektöründeki yeri ele alınmaktadır.

2.2. Yapay Zekâ

YZ ile ilgili olarak literatürde çeşitli tanımlar vardır. En temelde insan zekâsını taklit etmeye çalışan makine ve bilgisayar sistemlerinin temel yeteneği olarak ifade edilen bu sistemler, bilişsel düzeyde öğrenme, karar verme, algılama, problem çözme ve dil işleme benzeri insana özgü deneyimlerden yararlanmakta ve öğrenme tanımlarını da içermektedir (Taburoğlu, 2025). Araştırmacılar YZ'nin bilgisayarlar (işlemciler), algoritmalar (modeller) ve verilerden oluşan üç ana içerikten meydana gelmesi gerektiği yönünde görüş birliğine varmışlardır (Walter vd., 2025). Sadiku (1989) yaptığı tanımlamada ise YZ'nin bilgisayarlarda; bilişsel yetenekler gerektiren muhakeme, algı, bilgi ve anlayış gerektiren görevleri uyarlamakla ilgili olduğunu ifade etmiştir. Önceleri insanlar tarafından yapılan süreçlerin, makine zekâsı oluşturularak yerine getirilen bir teknoloji örneği olarak da YZ değerlendirilmektedir. YZ'nin lojistik sektöründeki benimsenmesi önemli fırsatlar sunmakla birlikte çeşitli engellerle de karşı karşıya kalmaktadır; bu engeller bir sonraki bölümde ayrıntılı biçimde ele alınmaktadır.

Teknolojinin katkısıyla önemli bir ilerleme kaydeden akıllı lojistik sistemleriyle lojistik de evrim geçirmektedir. Tedarik zincirindeki en önemli faaliyet birimlerinden birisi olan lojistiğin dönüşümündeki YZ'nin makine öğrenimi, büyük veri, nesnelerin interneti, blok zinciri, akıllı

teknolojiler gibi inovatif teknolojilerle birlikteliği önemli rol oynamaktadır (Chung, 2021; Nasib ve Haraz, 2025). Lojistikte başarılı bir dijital dönüşümün sağlanması için yenilikçi bir örgüt kültürüne sahip olunması da YZ teknolojilerinin hangi seviyelerde uygulanabileceğine ilişkin ayrıca bir gösterge sunmaktadır (Nalbantoğlu, 2024). İlerleyen YZ teknolojisiyle beraber derin öğrenme, genetik algoritmalar gibi uygulamalar da lojistiğin optimizasyonunda yaygın biçimde kullanılmaktadır. Araştırmacılar geleneksel yöntemlerin üstesinden gelemediği sorunların çözümünde bu teknolojik uygulamalara yönelmiş olsalar da, değişken ve karmaşık ağların bir düzen içinde planlı ilerleme kaydetmesi ve bu optimizasyonun nasıl sağlanacağı sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple uygulanan yöntemlerin sınırlarının nasıl aşılması gerektiği, esnekliğin nasıl sağlanacağı, verimliliğin ve uyarlanabilmenin nasıl artırılacağı sektörün ve akademik çevrelerin üzerinde durduğu bir konudur (Han, 2025).

2.3. YZ Kullanımındaki Engeller

YZ' nin lojistik operasyonlarında benimsenmesini zorlaştıran engeller Al Suwaidi vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada Teknolojik Engeller, Veri Kaynaklı Engeller, Ekonomik ve Finansal Engeller, Organizasyonel ve Yönetimsel Engeller, Sosyal ve İnsan Kaynaklı Engeller, Çevresel Engeller ve Politik, Yasal ve Etik Engeller olarak 114 makale incelenerek 7 ana kategoride sistematik olarak sınıflandırılmıştır. Bu çalışma kapsamında da yapılan literatür taramasına dayanılarak YZ kullanımını etkileyen engel kriterleri aşağıda yedi ana başlık ve buna bağlı yirmi dokuz alt unsur biçiminde sunulmaktadır.

Teknolojik Engeller

1. Veri Kalitesi: Üretilen bilginin doğruluğundan emin olunmaması, eksik ya da hatalı olması, güncel olmayışı veri kalitesine ilişkin önemli bir engeli oluşturmaktadır (Hangl vd., 2023).

2. Veri Güvenliği: Veri kaybı ya da yetkisiz erişim gibi bilgi güvenliği ve gizlilik korumasının eksik olmasına karşın veri paylaşımına karşı direnç gösterilmesi veri güvenliği engelini ifade etmektedir (Cannas vd., 2024).

3. YZ Şeffaflığı Eksikliği: YZ tekniklerinin bazı problemlerin çözüm tasarımı nasıl uygulanacağını yani potansiyel uygulanabilirliğinin bilinmemesi engelini tanımlamaktadır (Kar vd., 2021).

4.Yetersiz Dijital/Fiziksel Altyapı: YZ çözümlerini mevcut sistemlerle entegre etmek genellikle bilgi teknolojileri altyapısının önemli yükseltmelerini gerektirdiğinden gerekli teknolojik ve fiziki şartların eksikliği önemli bir engel oluşturmaktadır (Kumar ve Kumar, 2025).

5.Ar-Ge ve İnovasyon Eksikliği: İş süreçlerinde, ürün ve hizmetleri geliştirmede gerekli teknoloji ve fikirlere, yeni bilgiye açık olmama, bu noktada yetersiz kalma Ar-Ge ve İnovasyon Eksikliği engelini oluşturmaktadır (Hsiao ve Chang, 2019).

6.Donanım-Yazılım Entegrasyonu Sorunu: Mevcut sistemler ve süreçler arasında farklı teknolojilerin uyum içerisinde işlemeyişi, bu nedenle geliştirilmiş teknolojilere ve analitiğe olan gereksinim önemli bir entegrasyon sorununu ortaya çıkarmaktadır (Faccenda, 2021).

İnsan Kaynakları ve Yetkinlik Engelleri

1.YZ Uzmanı Eksikliği: YZ uygulamaları konusunda uzman personele olan talebin fazla olduğundan deneyimli personelin yetersiz oluşu YZ uzmanı eksikliğini ortaya çıkarmaktadır (Conde ve Twinn, 2019).

2.Teknik Bilgi Yetersizliği: YZ sistemleri hakkında gerekli teknik becerilerin ve bilgilerin yeterli düzeyde olmaması, sürekli gelişim eğiliminde olan bu karmaşık süreçlerin işleyişinin anlaşılmasında zorluklara sebep olduğundan önemli bir engel olarak karşımıza çıkmaktadır (Gonçalves ve Domingues, 2025).

3.Eğitim Eksikliği: Sektörde faaliyet gösteren personelin yeni teknolojilerden en üst seviyede faydalanabilmesi, değişime karşı dirençlerini yenebilmeleri için eğitilmesi gerekmektedir. Bu noktada personelin yeterli biçimde eğitilememesi eğitim eksikliği engelini yaratmaktadır (Ivanov ve Webster, 2017).

4.Dijital Yetkinlik Düzeyinin Düşük Olması: Lojistikte personel tarafından YZ'nın ve buna bağlı dijital araç ve sistemlerinin etkin biçimde kullanılmayışı, konu hakkında belirgin seviyede bilgi yetersizliğinin var oluşu dijital yetkinlik düzeyinin düşük olması engelini yaratmaktadır (Bas vd., 2023).

Örgütsel Direnç Engelleri

1. Değişime Karşı Direnç: YZ uygulamalarına ya da süreçlerine çalışanlar ve yöneticiler tarafından yeterli seviyede uyum gösterilmemesi, benimsenmemesi sonucu teknolojik değişime karşı direnci ortaya çıkarmıştır (Wohlleber vd., 2022).

2. Çalışanların Teknolojiye Karşı Şüpheliği: Çalışanların teknolojinin getirdiği yeniliklere hazır olmaması ve bu yenilik değişimine olumlu yaklaşmamaları, bu noktada dijital kültür ve eğitim eksikliğinden kaynaklı şüphe duyulması çalışanların teknolojiye karşı şüpheliği engelini yaratmaktadır (Cannas vd., 2024).

3. YZ Sistemlerine Güven Eksikliği: Teknolojik YZ uygulamalarının benimsenmesi yüksek düzeyde güven gerektirmektedir. Çalışanlar ve lojistik işletmeler bu noktada kritik bilgilerin doğruluğuna ve güvenilirliğine emin değillerse YZ sistemlerine güven eksikliği önemli bir engel oluşturacaktır (Mukherjee vd., 2024).

Entegrasyon Engelleri

1. YZ ile Süreç Entegrasyonunda Zorluk: YZ'nin karmaşık iş ekosistemlerine uyarlanabilirliğinde lojistik operasyonlarının karmaşık ve birbirine bağımlı olması nedeniyle (Gonçalves ve Domingues, 2025); değişim yönetimi, açık kodlama, yetersiz iletişimin ortaya çıkması, eğitim ve paydaşlar arasında iş birliği gibi organizasyon içerisinde zorluklar meydana gelmesi YZ ile süreç entegrasyonunda zorluk engelini meydana getirmektedir (Hao ve Demir, 2025).

2. İş Akış Uyumsuzluğu: Yeni teknolojilerin organizasyon içerisindeki devam etmekte olan mevcut iş süreçleriyle ilgili konularda tam olarak birbiriyle örtüşmemesi ve verilerin uyum sağlamaması iş akış uyumsuzluğu engelini ortaya çıkarmaktadır (Fosso Wamba vd., 2024).

3. İnsan-YZ Etkileşimi: Çalışanlar ile YZ uygulamaları arasında işbirliğinin eksikliği, insanların işsiz kalma kaygısıyla yaşanan aksaklıklar, insan ve YZ etkileşimini sosyal bir engel olarak ortaya koymaktadır (Al Suwaidi vd., 2022).

Ekonomik Engeller

1. Yüksek Başlangıç Maliyetleri: Yeni teknolojileri ve YZ'yı benimsemek için gerekli ilk adımın atılmasında finansman konusunda karar vericilerin net kararlar alması gerekmektedir. Çünkü başlangıç maliyetlerinin yüksek olması ekonomik engellerin en önemlilerinden birisini teşkil etmektedir (Thankappan ve Sabu, 2024).

2.Yatırımın Geri Dönüş Belirsizliği: YZ teknolojilerinin hayata geçirilmesi yüksek maliyetlidir. Teknolojik altyapının, yazılımın oluşturulması ve yetkin personelin yaratılması için yapılan önemli yatırımların ne kadar süre içerisinde kar sağlayacağını ölçülemediği neticesinde ortaya çıkan yatırımın geri dönüş belirsizliği önemli bir zorluk yaratacaktır (Kumar ve Kumar, 2025).

3.Finansman Eksikliği: Lojistik işletmelerinde yeni teknolojilere uygulama alanı açabilmek için ihtiyaçlara uygun yatırımların yüksek mali kaynaklar gerektiğinden, gerekli finansmanın bulunamaması bir maliyet engelini oluşturmaktadır (Nikitas vd., 2020).

4.İşletme ve Bakım Maliyetlerinin Yüksekliği: YZ teknolojilerinin kurulumundan işletimine kadar bakım giderleri ve sürekli kullanılan iş operasyonlarını iyileştirme maliyetlerinin fazla olması, işletme bakım maliyetlerinin yüksekliği engelini yaratmaktadır (Molopa, 2023).

Yönetimsel Engeller

1.YZ Stratejisinin Olmaması: Çalışanların YZ'yı tamamlayabilecek yeteneklerle donatılması, insan-YZ etkileşimini dengeli bir biçimde sağlamak için stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir. Bunun için ortaya açık bir plan konulamaması YZ stratejisinin olmaması engelini yaratmaktadır (Gonçalves ve Domingues, 2025).

2.Üst Yönetim Desteği Eksikliği: YZ projelerinin başarıya ulaşabilmesinde üst yönetimde yer alan karar vericilerin YZ'yı benimsemeleri, gerekli riskleri almaları ve bu noktada yatırım kararı almaları gerekmektedir. Yönetimde yer alan kişilerin bu anlamda destek olmamaları üst yönetim destek eksikliğini ortaya çıkarmaktadır (Molopa, 2023; Al Suwaidi vd., 2022).

3.Liderlik Eksikliği: YZ'nın benimsenmesine katkıda bulunacak ve gerekli yönlendirmeyi yapacak liderliğin olmaması liderlik eksikliği engelini ortaya çıkarmaktadır (Kar vd., 2021; Al Suwaidi vd., 2022).

4.Yönetim Bilgi Yetersizliği: YZ ile ilgili olarak karar vericilerin sorunlara karşı etkili bir yönetim sergilemeleri gereklidir. YZ ve dijitalleşme noktasında karmaşık yapıyla ilgili yöneticilerin yeterince bilgi sahibi olmamaları olumsuz etkiye neden olabilecek bir engeli oluşturmaktadır (Gonçalves ve Domingues, 2025).

5.Geleneksel Yönetime Bağımlılık: YZ'nın sorunların çözümünde bazı durumlarda geleneksel yöntemlere göre daha az katkı sunacağı düşüncesinin var olması, bu nedenle eski alışılmış

yöntemlerle süreç yönetilmesi geleneksel yönetime bağımlılık engelini ortaya çıkarmaktadır (Kar vd., 2021).

Çevresel Engeller

1.Rekabet Baskısı: Rakiplerin pazarda YZ'yı benimsemeleri, lojistik işletmeler için bunu göz ardı etmenin ortaya çıkardığı baskı dezavantajlı bir konum yaratacağından rekabet baskısı engel teşkil etmektedir (Molopa, 2023).

2.Tedarik Zinciri Paydaşlarına Bağımlılık: Lojistik paydaşları iş süreçlerinde kaynak kullanılmasını optimize edebilir, çevresel etkileri minimuma indirebilir ve karar alma süreçlerini geliştirebilir. Ancak bu durumda tedarik zinciri paydaşlarının kararlarına bağlı kalma engeli ortaya çıkmaktadır (Chen vd., 2024).

3.Regülasyon Eksikliği: YZ ve teknoloji ile ilgili düzenleyici zorunlulukların henüz tam anlamıyla olmayışı, fikri mülkiyet gibi sorumluluk sorunlarının varlığı gerekli regülasyon eksikliğini yaratmaktadır (Hangl vd., 2023).

4.Etik Engeller: Veri gizliliği, yasal etkiler gibi YZ'nin insan ve iş süreçleri üzerinde etik endişeler yaratması etik engelleri ortaya çıkarmaktadır (Hangl vd., 2023; Fosso Wamba vd., 2024).

Tablo 1. Engel Kriterleri Tablosu

ANA ENGEL KRİTERLERİ	ALT ENGEL KRİTERLERİ
1-Teknolojik Engeller	Veri Kalitesi
	Veri Güvenliği
	YZ Şeffaflığı Eksikliği
	Yetersiz Dijital/Fiziksel Altyapı
	Ar-Ge ve İnovasyon Eksikliği
	Donanım-Yazılım Entegrasyonu Sorunu
2-İnsan Kaynakları ve Yetkinlik Engelleri	YZ Uzmanı Eksikliği
	Teknik Bilgi Yetersizliği
	Eğitim Eksikliği
	Dijital Yetkinlik Düzeyinin Düşük Olması
3-Örgütsel Direnç Engelleri	Değişime Karşı Direnç

	Çalışanların Teknolojiye Karşı Şüpheliği
	YZ Sistemlerine Güven Eksikliği
4-Entegrasyon Engelleri	YZ ile Süreç Entegrasyonunda Zorluk
	İş Akış Uyumsuzluğu
	İnsan-YZ Etkileşimi
5-Ekonomik Engeller	Yüksek Başlangıç Maliyetleri
	Yatırımın Geri Dönüş Belirsizliği
	Finansman Eksikliği
	İşletme ve Bakım Maliyetlerinin Yüksekliği
6-Yönetimsel Engeller	YZ Stratejisinin Olmaması
	Üst Yönetim Desteği Eksikliği
	Liderlik Eksikliği
	Yönetim Bilgi Yetersizliği
	Geleneksel Yönetime Bağımlılık
7-Çevresel Engeller	Rekabet Baskısı
	Tedarik Zinciri Paydaşlarına Bağımlılık
	Regülasyon Eksikliği
	Etik Engeller

Literatürde lojistik alanında YZ kullanımına ilişkin araştırmacılar tarafından farklı çalışmalar yapılmıştır. Uygulama ve uyumda karşılaşılan bazı zorluklarda iyileştirmeler yapılabilmesi için bu engellerin belirlenmeye çalışıldığı araştırmalar şu şekildedir: Cichosz vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada dijital dönüşümün tanımı ortaya konularak dokuz farklı ulusal ve uluslararası lojistik hizmet sağlayıcıdan toplanan bilgilerin analizi gerçekleştirilmiştir. Lojistik hizmet sağlayıcıların üstesinden gelmeye çalıştığı engellerin başında kaynak eksikliği ve lojistik ağının karmaşık oluşu belirlenmiştir. Bir diğer araştırmada operasyonel verimlilik sağlamasına rağmen lojistik sektörünün YZ gibi dönüşümlere ödeme yapma ya da gelişim sağlama gibi süreçlere düşük bir katılım gösterdiğini Carlan ve Vanelslander (2021) ortaya koymuştur. Lojistik ve liman sektöründe faaliyet gösteren kullanıcıların YZ ve makine öğrenimi uygulamalarıyla verilerin otonom işlenmesi hakkındaki düşüncelerinin ortaya çıkarıldığı bu çalışmada yapılandırılmış bir anket yöntemiyle veriler elde edilmiş olup bu uygulamaların hata olasılığı yüksek ve tekrarlayan görevleri üstlenme

potansiyelinin yüksek olduğu, müşteri hizmetleri ve planlamalarda ise hala insan kaynağına ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir.

Yurdasever (2026) çalışmasında doküman analizi tekniğıyle elde edilen verilere göre YZ'nin farklı sektörlerde olduğu gibi lojistik alanında da sürdürülebilirlik noktasında kullanıldığına işaret etmiştir. Olumlu katkı sunmasının yanında YZ'nin veri güvenliği, işsizlik, eşitsizlik riskleri taşıdığı; yasal mevzuat eksikliği, değişime karşı direnç ve maliyet güçlüğü gibi zorluklara sahip olduğu belirlenmiştir. Tedarik zincirinde reshoring (yeniden üretim/yurt içine taşıma) stratejisinin yenilikçi biçimde uygulanmasına model önermeyi amaçlayan Akkan (2026), yürüttüğü çalışmasında tedarik zincirinin Endüstri 5.0 olgusu ve reshoring operasyonlarıyla ilişkisinin kapsamlı bir biçimde tanımını yapmış olup teknolojik altyapı yetkinliklerinin belirli bir düzeyde olması zorunluluğunu ifade etmiştir. Yetersiz düzeydeki altyapı imkânlarının başarıyı etkileyecek kritik bir unsur olarak tanımlanmakla beraber, siber güvenlik risklerinin de ortaya çıkacağı, sistemin güvenliği, veri gizliliği gibi kritik unsurların korunması ve çalışanların dijital olgunluklarının eğitimlerle desteklenmesi zorunluluğu araştırmacı tarafından önemli kısıtlılıklar olarak vurgulanmıştır.

Rane vd. (2026) tarafından yürütölen çalışmada tedarik zinciri optimizasyonu ile farklı bazı alanlarda sistematik bir inceleme yapılmıştır. Makine öğrenimi, YZ, büyük veri ortamlarının iyi tahminler sağlayacağı, nesnelerin internetinin operasyonel zekâ ve blok zincirinde de veri kaynağı ve güvenini garanti ettiğı sonucu ifade edilmiş ancak verilerin karmaşık oluşu ve kalitesi, beceri eksikliği, etik ve yasal unsurlara ilişkin düzenlemelerin önemli zorluklar olduğu sunulmuştur. Matias vd. (2026) çalışmasında lojistik süreçlerinin YZ uygulamalarında hangi unsurların kolaylık ve zorluk yarattığını belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada değişime karşı direnç, sektörel YZ araçlarının eksikliği, benimseme engeli başlıca engel olarak belirlenmiştir. Değişim yönetimi, sistem entegrasyonu ve teknolojik alt yapı da kritik başarı faktörü olarak tanımlanmıştır.

Lojistikte yıkıcı teknolojilerin benimsenmesini engelleyen kriterlerin belirlenmesinin amaçlandığı başka bir çalışmada Rathore vd. (2022) üst yönetim desteğı eksikliğinin dijital teknolojilerin belirlenmesinde önemli bir engel olduğu belirlemiştir. Alt yapı, yasal ve düzenleyici çerçeveler, değişime direnç dijital teknolojilerin başarıya ulaşmasında üzerinde durulması gerekli engellerin başında geldiğı ifade edilmiştir. Yüksek bağımlılık gücüne sahip engeller olarak ise gizlilik ve güvenilirlik eksikliği ortaya çıkmıştır. Teknolojik (şeffaflık ve açıklanabilirlik, gizlilik ve güvenlik, veri kalitesi, dürüstlük ve adalet), organizasyonel (organizasyon kültürü, sorumluluk ve hesap verebilirlik, yetenekli işçiler) ve çevresel (etik, yasal konular, güven ve algı, direniş) olarak üç ana

kategoride alt engelleri oluşturan Merhi (2023) çalışmasında yedi uzmandan YZ ile alakalı verileri toplamıştır. AHP tekniği uygulanarak belirlenen kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve teknolojik engellerin en önemli olduğunu belirlemiştir. Uygulayıcıların yine bu noktada başarıya ulaşmasında veri kalitesi ile şeffaflık ve açıklanabilirliğinin en önemli ölçütler olduğunu bulgularla ifade etmiştir.

Geleneksel iş rollerinin kısmen veya tamamen YZ'ya bırakacağını ifade eden Boršoş ve Koman (2025) adaptasyon sorunun işgücünde önemli değişimlere sebep olacağını vurgulamıştır. Haddud (2024) tarafından yapılan çalışmada ise YZ'nin karar alma süreçlerinde tam olarak yer alamayacağı ancak desteklenebileceğini, anında değişiklik yapılamayacağı ama hızlı geliştirilebilecek faydalı bir araç olacağını, sürecin ilk başlarında tedarik zincirlerinin karmaşıklığı, kullanılan verilerin güncel ve doğru olamayabileceği ve fayda sağlamanın zaman alabileceğini engel olarak ifade etmiştir.

Yapılan çalışmalar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, YZ'nin benimsenmesinin önündeki engellerin çok boyutlu ve sektöre özgü farklılıklar gösterdiği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, mevcut çalışmaların büyük çoğunluğunun engelleri tespit etmekle yetindiği; hangisinin diğerlerine kıyasla daha öncelikli olduğunu nicel biçimde ortaya koymadığı görülmektedir. Bu boşluktan hareketle, mevcut çalışma lojistik hizmet sağlayıcı işletmeler özelinde belirlenen engel kriterlerini SWARA yöntemiyle ağırlıklandırarak öncelik sıralaması sunmayı amaçlamaktadır.

3. Yöntem

3.1. Araştırma Modeli

Bu çalışmada, YZ kullanımının lojistik hizmet sağlayıcı işletmelerdeki engellerinin belirlenmesi ve bu engellerin önem derecelerine göre sıralanması amacıyla çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımı benimsenmiştir. ÇKKV yöntemleri, birden fazla ve çoğu zaman birbiriyle çelişen kriterlerin eşzamanlı olarak dikkate alınmasını gerektiren karmaşık karar problemlerinin çözümünde kullanılan genel bir karar destek çerçevesi olarak ele alınmaktadır (Tavana vd., 2023). Bu yöntemler, sınırlı sayıdaki alternatifin çoklu kriterler temelinde sistematik biçimde değerlendirilmesine olanak tanıdığı için farklı disiplinlerde yaygın biçimde uygulanmaktadır (Mardani vd., 2017). Ayrıca ÇKKV yaklaşımları, nitel ve nicel kriterlerin birlikte değerlendirildiği, belirlilik, belirsizlik veya risk içeren karar ortamlarında gerçek dünya problemlerinin analizinde etkili bir değerlendirme süreci sunmaktadır (Zavadskas vd., 2014).

Çalışmada ÇKKV tekniklerinden biri olan SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) yöntemi tercih edilmiştir. Araştırmada kullanılan engel kriterleri, kapsamlı bir literatür taraması sonucunda belirlenmiştir. Bu doğrultuda teknolojik engeller, insan kaynakları ve yetkinlik engelleri, örgütsel direnç engelleri, entegrasyon engelleri, ekonomik engeller, yönetsel engeller ve çevresel engeller olmak üzere yedi ana engel kategorisi tanımlanmıştır. Söz konusu kriterlerin önem ağırlıkları, SWARA yöntemi aracılığıyla uzman görüşlerine dayalı olarak hesaplanmıştır.

3.2. SWARA Yöntemi

SWARA yöntemi, ilk olarak Keršulienė vd. (2010) tarafından geliştirilen ve kriter ağırlıklarının uzman değerlendirmelerine dayalı olarak belirlendiği bir ÇKKV tekniğidir. Yöntem, karar vericilerin kriterleri kendi deneyim ve bilgi birikimleri doğrultusunda önceliklendirmesine ve ardışık karşılaştırmalar yoluyla ağırlıklandırmasına olanak tanımaktadır (Keršulienė vd., 2010).

SWARA (Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis) yöntemi, ÇKKV literatüründe, özellikle AHP ve ANP gibi geleneksel yöntemlere kıyasla daha düşük işlem karmaşıklığı ve uygulama kolaylığı sunmasıyla öne çıkmaktadır. Yöntemde kriter ağırlıklarının belirlenmesi için yalnızca $n-1$ adet karşılaştırma yapılması yeterli olup, bu durum özellikle kriter sayısının yüksek olduğu problemlerde zaman ve bilişsel yükü önemli ölçüde azaltmaktadır (Mardani vd., 2017). Bunun yanı sıra SWARA, karmaşık matris işlemleri veya tutarlılık oranı hesaplamaları gerektirmediğinden, uzman yargılarının daha esnek ve doğrudan biçimde sürece yansıtılmasına olanak tanımaktadır (Keršulienė vd., 2010; Zarbakhshnia vd., 2018). Uzmanların deneyim ve örtük bilgilerine dayalı önceliklendirme yapabilmesi, yöntemi stratejik ve bağlama duyarlı karar problemleri için uygun bir araç haline getirmektedir (Zolfani ve Saparaskas, 2013). Bu özellikleri nedeniyle SWARA yöntemi, uzmanların bilgi ve tecrübelerini karar sürecine doğrudan yansıtabilmesi bakımından özellikle sektörel değerlendirmelerde tercih edilen bir teknik olarak öne çıkmaktadır (Stanujkic vd., 2015). SWARA yönteminin uygulama adımları aşağıda açıklanmıştır (Keršulienė vd., 2010; Çakır, 2017):

Adım 1. Uzmanlardan kriterleri en önemliden en az önemliye doğru sıralamaları istenir. Her bir uzman, kendi bilgi ve deneyimine göre kriterleri bağımsız olarak sıralar.

Adım 2. İkinci kriterden ($j = 2$) başlayarak her bir kriter, bir önceki kriterle ($j - 1$) karşılaştırılır ve “ortalama değerin karşılaştırmalı önemi” (comparative importance of average value) belirlenir. Bu

değer s_j ile gösterilir ve j . kriterin bir önceki kritere göre ne kadar daha az önemli olduğunu ifade eder.

Adım 3. Katsayı değeri (k_j) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$\begin{aligned} k_j &= 1, j = 1 \\ k_j &= s_j + 1, j > 1 \end{aligned} \quad (1)$$

Adım 4. Önem vektörü (q_j) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$\begin{aligned} q_j &= 1, j = 1 \\ q_j &= q_{j-1} / k_j, j > 1 \end{aligned} \quad (2)$$

Adım 5. Son olarak, kriterlerin nihai ağırlık değerleri (w_j) normalizasyon işlemiyle elde edilir:

$$w_j = q_j / \sum q_j \quad (3)$$

Burada w_j değeri, j . kriterin nihai ağırlığını ifade etmekte olup tüm w_j değerlerinin toplamı 1'e eşittir. Birden fazla uzmanın bulunduğu durumlarda, her bir uzmanın değerlendirmesinden elde edilen ağırlıklar geometrik ortalama alınarak birleştirilmiştir (Ruzgys vd., 2014).

3.3. Veri Toplama Süreci ve Uzman Profili

Araştırma verileri, yapılandırılmış anket formu aracılığıyla toplanmıştır. Anket formunda uzmanlardan öncelikle yedi ana engel kriterini önem sırasına göre sıralamaları, ardından ardışık kriterler arasındaki göreceli önem farklarını (s_j değerlerini) belirlemeleri istenmiştir. Anket formu, Keršulienė vd. (2010) tarafından önerilen SWARA veri toplama prosedürüne uygun olarak tasarlanmıştır.

ÇKKV çalışmalarında uzman sayısına ilişkin literatürde farklı yaklaşımlar bulunmakla birlikte, SWARA uygulamalarında genellikle uzmanların niteliğinin sayıdan daha önemli olduğu ve 4-15 kişiden oluşan katılımcılarla başarılı sonuçlar elde edildiği görülmektedir (Seikh ve Chatterjee, 2024; Mavi vd., 2017; Zarbakhshnia vd., 2018). Bu çalışmada ise, literatürdeki ortalamanın üzerinde bir katılımı lojistik hizmet sağlayıcı işletmelerin yöneticileri ile akademik alanda çalışmalar yürüten araştırmacılardan oluşan toplam 20 uzmandan görüş alınmıştır. Uzmanların seçiminde, Zarbakhshnia

vd. (2018) tarafından da uygulanan ölçüte benzer şekilde lojistik sektöründe en az beş yıl deneyime sahip olma ve/veya alanda akademik çalışmalar yürütmüş olma kriterleri gözetilmiştir.

Elde edilen veriler, SWARA yönteminin hesaplama adımlarına uygun olarak analiz edilmiş ve her bir engel kriterinin önem ağırlığı belirlenmiştir. Bir sonraki bölümde ana ve alt engel kriterlerine ilişkin ağırlık değerleri ile öncelik sıralamaları ayrıntılı biçimde sunulmaktadır.

Tablo 2. Uzman Deneyim Tablosu

UZMAN KODU	Ünvan	Deneyim Süresi (Yıl)
U1	Lojistik Birim Müdürü	13
U2	Yönetici	5
U3	Sahibi	25
U4	Şube Müdürü	7
U5	Şube Müdürü	20
U6	Genel Müdür	5
U7	İnsan Kaynakları Kıdemli Uzmanı	6
U8	Bölge Müdür Yardımcısı	14
U9	Satış Yöneticisi	3
U10	Dış Ticaret, Lojistik ve Sipariş Yönetimi Müdürü	20
U11	Lojistik Birim Sorumlusu	10
U12	Depo Müdürü	11
U13	Tesis Yöneticisi	15
U14	Operasyon Mühendisi	5
U15	Operasyonlar Mühendisi	9
U16	Sahibi	20
U17	Doç. Dr.	13
U18	Dr. Öğretim Üyesi	10
U19	Dr. Öğretim Üyesi	10
U20	Doktora Öğrencisi	6

Tablo 3. Ana Engel Kriterleri, Alt Engel Kriterleri Kodları ve İsimleri

ANA ENGELLER KODLARI	ALT ENGELLER KODLARI
I-C1 Teknolojik ve Altyapı Engelleri (1)	2-Teknoloji ve Altyapı Engelleri
	2-C1 Veri Kalitesi (8)
	2-C2 Veri Güvenliği (9)
	2-C3 YZ Şeffaflığı Eksikliği (10)
	2-C4 Yetersiz Dijital/Fiziksel Altyapı (11)
	2-C5 Ar-Ge ve İnovasyon Eksikliği (12)
	2-C6 Donanım-Yazılım Entegrasyonu Sorunu (13)
I-C2 İnsan Kaynakları (İK) ve Yetkinlik Engelleri (2)	3-İk Ve Yetkinlik Engelleri
	3-C1 YZ Uzmanı Eksikliği (14)
	3-C2 Teknik Bilgi Yetersizliği (15)
	3-C3 Eğitim Eksikliği (16)
	3-C4 Dijital Yetkinlik Düzeyinin Düşük Olması (17)
I-C3 Örgütsel Direnç Engelleri (3)	4-Örgütsel Direnç Engelleri
	4-C1 Değişime Karşı Direnç (18)
	4-C2 Çalışanların Teknolojiye Karşı Şüpheciliği (19)
	4-C3 YZ Sistemlerine Güven Eksikliği (20)
I-C4 Entegrasyon Engelleri (4)	5-Entegrasyon Engelleri
	5-C1 YZ ile Süreç Entegrasyonunda Zorluk (21)
	5-C2 İş Akış Uyumsuzluğu (22)
	5-C3 İnsan-YZ Etkileşimi (23)
I-C5 Ekonomik Engeller (5)	6-Ekonomik Engeller
	6-C1 Yüksek Başlangıç Maliyetleri (24)
	6-C2 Yatırımın Geri Dönüş Belirsizliği (25)
	6-C3 3 Finansman Eksikliği (26)
	6-C4 İşletme ve Bakım Maliyetlerinin Yüksekliği (27)
I-C6 Yönetimsel Engeller (6)	7-Yönetimsel Engeller
	7-C1 YZ Stratejisinin Olmaması (28)
	7-C2 Üst Yönetim Desteği Eksikliği (29)
	7-C3 Liderlik Eksikliği (30)

1-C7 Çevresel Engeller (7)	7-C4 Yönetim Bilgi Yetersizliği (31)
	7-C5 Geleneksel Yönetime Bağımlılık (32)
	8-Çevresel Engeller
	8-C1 Rekabet Baskısı (33)
	8-C2 Tedarik Zinciri Paydaşlarına Bağımlılık (34)
	8-C3 Regülasyon Eksikliği (35)
	8-C4 Etik Engeller (36)

4.Bulgular

4.1. Ana Engel Kriterlerinin Önem Derecelerine Göre Ağırlıklandırılması

Lojistik hizmet sağlayıcı işletmelerde YZ kullanımını engelleyebilecek kriterlerin belirlenmesinin ardından alanında sektörel tecrübeye sahip uzmanlardan ve akademisyenlerden görüşlerini içeren 20 karar verici ile görüşme imkânı sağlanmış ve Tablo 3’te belirtilen 7 ana engel ve bu engellere ilişkin diğer alt başlıklar dâhil toplam 36 kriterin sıralanması istenmiştir. Bu 7 ana engel kriterinin önem düzeyleri uzmanlarca değerlendirilmiş olup aşağıdaki tablodaki gibi sıralanmıştır.

Tablo 4. Ana Engel Kriterlerinin Önceliklendirilmesi

1-ANA ENGELLER	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5	KV6	KV7	KV8	KV9	KV10
<i>1-C1 (1)</i>	1	2	3	4	3	5	1	2	4	7
<i>1-C2 (2)</i>	6	3	1	2	2	1	5	4	1	2
<i>1-C3 (3)</i>	5	7	7	1	5	4	2	5	2	5
<i>1-C4 (4)</i>	2	4	5	7	1	6	3	3	5	3
<i>1-C5 (5)</i>	3	5	6	6	6	3	6	1	3	4
<i>1-C6 (6)</i>	4	1	4	3	7	2	7	7	6	6
<i>1-C7 (7)</i>	7	6	2	5	4	7	4	6	7	1
1-ANA ENGELLER	KV11	KV12	KV13	KV14	KV15	KV16	KV17	KV18	KV19	KV20
<i>1-C1 (1)</i>	1	6	2	2	4	2	2	2	2	1
<i>1-C2 (2)</i>	3	2	6	1	2	1	6	3	1	4
<i>1-C3 (3)</i>	5	7	5	3	3	4	4	5	5	5
<i>1-C4 (4)</i>	2	5	3	4	5	3	5	6	6	2

<i>I-C5 (5)</i>	4	1	1	5	1	6	3	1	4	3
<i>I-C6 (6)</i>	7	3	7	7	6	5	1	4	3	6
<i>I-C7 (7)</i>	6	4	4	6	7	7	7	7	7	7

4.2. Kriterlerin S_j Değerlerinin Bulunması

Ana Engel Kriterlerinin uzmanlarca sıralanmasının sonrasında, *(her kriter için değer sütunu üzerinde iki engelin karşılaştırması sonucu)*, birinin diğerinden ne kadar önemli olduğunu 5 ve 5'in katları olarak (örneğin %15) biçiminde puan verilerek s_j değeri istenmiştir. En önemli olduğu belirtilen ilk sıradaki kriter için s_j değeri istenmemiştir. Bu s_j değerleri aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo 5. Ana Engel Kriterlerinin S_j Değerlerinin Bulunması

1-ANA ENGELLER	s _{j1}	s _{j2}	s _{j3}	s _{j4}	s _{j5}	s _{j6}	s _{j7}	s _{j8}	s _{j9}	s _{j10}
<i>I-C1 (1)</i>		0,15	0,80	0,30	0,05	0,05		0,45	0,10	0,05
<i>I-C2 (2)</i>	0,10	0,20		0,20	0,20		0,20	0,35		0,15
<i>I-C3 (3)</i>	0,20	0,30	0,05		0,05	0,20	0,30	0,20	0,20	0,10
<i>I-C4 (4)</i>	0,05	0,25	0,50	0,10		0,10	0,05	0,40	0,10	0,15
<i>I-C5 (5)</i>	0,10	0,15	0,20	0,05	0,05	0,10	0,15		0,15	0,10
<i>I-C6 (6)</i>	0,10		0,50	0,30	0,05	0,05	0,30	0,05	0,05	0,05
<i>I-C7 (7)</i>	0,05	0,30	0,50	0,30	0,20	0,15	0,05	0,10	0,05	
1-ANA ENGELLER	s _{j11}	s _{j12}	s _{j13}	s _{j14}	s _{j15}	s _{j16}	s _{j17}	s _{j18}	s _{j19}	s _{j20}
<i>I-C1 (1)</i>		0,10	0,05	0,15	0,20	0,35	0,10	0,10	0,05	
<i>I-C2 (2)</i>	0,05	0,30	0,15		0,25		0,05	0,15		0,30
<i>I-C3 (3)</i>	0,10	0,10	0,30	0,25	0,20	0,15	0,15	0,15	0,10	0,10
<i>I-C4 (4)</i>	0,40	0,15	0,15	0,10	0,15	0,20	0,05	0,20	0,25	0,20
<i>I-C5 (5)</i>	0,30			0,15		0,10	0,15		0,20	0,15
<i>I-C6 (6)</i>	0,40	0,20	0,05	0,10	0,15	0,10		0,10	0,25	0,05
<i>I-C7 (7)</i>	0,10	0,20	0,30	0,10	0,10	0,10	0,15	0,25	0,30	0,05

4.3. Kriterlerin k_j Değerlerinin Bulunması

Ana Engel Kriterlerinin K_j değeri belirlenen en önemli kriter 1 olmak üzere eşitlik kullanılarak elde edilmiştir. Bu k_j değerleri aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo 6. Ana Engel Kriterlerinin k_j Değerlerinin Bulunması

1-ANA ENGELLER	k_{j1}	k_{j2}	k_{j3}	k_{j4}	k_{j5}	k_{j6}	k_{j7}	k_{j8}	k_{j9}	k_{j10}
<i>I-C1</i> (1)	1	1,15	1,8	1,3	1,05	1,05	1	1,45	1,1	1,05
<i>I-C2</i> (2)	1,1	1,2	1	1,2	1,2	1	1,2	1,35	1	1,15
<i>I-C3</i> (3)	1,2	1,3	1,05	1	1,05	1,20	1,3	1,2	1,2	1,1
<i>I-C4</i> (4)	1,05	1,25	1,5	1,1	1	1,1	1,05	1,4	1,1	1,15
<i>I-C5</i> (5)	1,1	1,15	1,2	1,05	1,05	1,1	1,15	1	1,15	1,1
<i>I-C6</i> (6)	1,1	1	1,5	1,3	1,05	1,05	1,3	1,05	1,05	1,05
<i>I-C7</i> (7)	1,05	1,3	1,5	1,3	1,2	1,15	1,05	1,1	1,05	1
1-ANA ENGELLER	k_{j11}	k_{j12}	k_{j13}	k_{j14}	k_{j15}	k_{j16}	k_{j17}	k_{j18}	k_{j19}	k_{j20}
<i>I-C1</i> (1)	1	1,1	1,05	1,15	1,2	1,35	1,1	1,1	1,05	1
<i>I-C2</i> (2)	1,05	1,3	1,15	1	1,25	1	1,05	1,15	1	1,3
<i>I-C3</i> (3)	1,1	1,1	1,3	1,25	1,2	1,15	1,15	1,15	1,1	1,1
<i>I-C4</i> (4)	1,4	1,15	1,15	1,1	1,15	1,2	1,05	1,2	1,25	1,2
<i>I-C5</i> (5)	1,3	1	1	1,15	1	1,1	1,15	1	1,2	1,15
<i>I-C6</i> (6)	1,4	1,2	1,05	1,1	1,15	1,1	1	1,1	1,25	1,05
<i>I-C7</i> (7)	1,1	1,2	1,3	1,1	1,1	1,1	1,15	1,25	1,3	1,05

4.4. Kriterlerin q_j Değerlerinin (Yeniden Ağırlıklandırma) Bulunması

Uzmanlarca en önemli görülen birinci kriterin q_j değeri 1 olarak belirlenmiş olup, görece önem sırasına göre kendisinden önceki her bir kriterin q_j değeri k_j değerine bölünmüştür. Bu şekilde yeniden ağırlıklandırma, yani (q_j değeri) her bir karar vericinin kriterler için değeri bulunmuştur. Bu q_j değerleri aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo 7. Ana Engel Kriterlerinin q_j Değerlerinin Bulunması

1-ANA ENGELLER	q _{j1}	q _{j2}	q _{j3}	q _{j4}	q _{j5}	q _{j6}	q _{j7}	q _{j8}	q _{j9}	q _{j10}
I-C1 (1)	1,000	0,870	0,370	0,493	0,794	0,687	1,000	0,690	0,659	0,567
I-C2 (2)	0,596	0,725	1,000	0,833	0,833	1,000	0,581	0,365	1,000	0,870
I-C3 (3)	0,656	0,298	0,131	1,000	0,630	0,722	0,769	0,304	0,833	0,625
I-C4 (4)	0,952	0,580	0,165	0,328	1,000	0,625	0,733	0,493	0,599	0,756
I-C5 (5)	0,866	0,504	0,137	0,361	0,600	0,866	0,506	1,000	0,725	0,687
I-C6 (6)	0,787	1,000	0,247	0,641	0,571	0,952	0,389	0,263	0,570	0,595
I-C7 (7)	0,568	0,388	0,667	0,379	0,661	0,543	0,698	0,276	0,543	1,000
1-ANA ENGELLER	q _{j11}	q _{j12}	q _{j13}	q _{j14}	q _{j15}	q _{j16}	q _{j17}	q _{j18}	q _{j19}	q _{j20}
I-C1 (1)	1,000	0,422	0,952	0,870	0,556	0,741	0,909	0,909	0,952	1,000
I-C2 (2)	0,680	0,769	0,426	1,000	0,800	1,000	0,623	0,791	1,000	0,557
I-C3 (3)	0,476	0,384	0,490	0,696	0,667	0,537	0,687	0,625	0,577	0,507
I-C4 (4)	0,714	0,465	0,828	0,632	0,483	0,617	0,655	0,521	0,462	0,833
I-C5 (5)	0,523	1,000	1,000	0,550	1,000	0,444	0,791	1,000	0,635	0,725
I-C6 (6)	0,309	0,641	0,406	0,454	0,420	0,488	1,000	0,719	0,762	0,483
I-C7 (7)	0,432	0,534	0,637	0,500	0,382	0,403	0,542	0,417	0,355	0,460

4.5. Kriterlerin Görelî Ağırlık Değerlerinin Bulunması

Her ana engel kriterinin w_j görelî ağırlığı, q_j değerlerinin diğ̈er tüm q_j değerlerinin toplamına bölünerek elde edilmiştir. Bu w_j değerleri aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo 8. Ana Engeller Kriterlerinin Görelî Ağırlık Değerleri

1-ANA ENGELLER	w _{j1}	w _{j2}	w _{j3}	w _{j4}	w _{j5}	w _{j6}	w _{j7}	w _{j8}	w _{j9}	w _{j10}
I-C1 (1)	0,184	0,199	0,136	0,122	0,156	0,127	0,214	0,203	0,134	0,111
I-C2 (2)	0,110	0,166	0,368	0,206	0,164	0,185	0,124	0,108	0,203	0,171
I-C3 (3)	0,121	0,068	0,048	0,248	0,124	0,134	0,165	0,090	0,169	0,123
I-C4 (4)	0,176	0,133	0,061	0,081	0,196	0,116	0,157	0,145	0,121	0,148
I-C5 (5)	0,160	0,116	0,050	0,089	0,118	0,160	0,108	0,295	0,147	0,135

<i>I-C6 (6)</i>	0,145	0,229	0,091	0,159	0,112	0,177	0,083	0,078	0,116	0,117
<i>I-C7 (7)</i>	0,105	0,089	0,245	0,094	0,130	0,101	0,149	0,082	0,110	0,196
1-ANA ENGELLER	w_{j11}	w_{j12}	w_{j13}	w_{j14}	w_{j15}	w_{j16}	w_{j17}	w_{j18}	w_{j19}	w_{j20}
<i>I-C1 (1)</i>	0,242	0,100	0,201	0,185	0,129	0,175	0,175	0,183	0,201	0,219
<i>I-C2 (2)</i>	0,165	0,182	0,090	0,213	0,186	0,236	0,120	0,159	0,211	0,122
<i>I-C3 (3)</i>	0,115	0,091	0,103	0,148	0,155	0,127	0,132	0,125	0,122	0,111
<i>I-C4 (4)</i>	0,173	0,110	0,175	0,134	0,112	0,146	0,126	0,105	0,097	0,183
<i>I-C5 (5)</i>	0,127	0,237	0,211	0,117	0,232	0,105	0,152	0,201	0,134	0,159
<i>I-C6 (6)</i>	0,075	0,152	0,086	0,097	0,098	0,115	0,192	0,144	0,161	0,106
<i>I-C7 (7)</i>	0,105	0,127	0,134	0,106	0,089	0,095	0,104	0,084	0,075	0,101

4.6. Kriterlerin Son Ağırlıklarının Bulunması ve Sıralama

Son adımda, ana engel kriterlerinin ağırlıklandırılması yapılarak sıralamanın ortaya konulması için geometrik ortalamaları hesaplanmıştır. Nihai sıralama aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi oluşmuştur.

Tablo 9. Ana Engeller Kriterlerinin Son Ağırlık Ortalamaları ve Kriter Sıralamaları

1-ANA ENGELLER	w_j(Son Ağırlık)	Sıralama
<i>I-C1 (1)</i>	0,173	2
<i>I-C2 (2)</i>	0,174	1
<i>I-C3 (3)</i>	0,126	6
<i>I-C4 (4)</i>	0,136	4
<i>I-C5 (5)</i>	0,149	3
<i>I-C6 (6)</i>	0,127	5
<i>I-C7 (7)</i>	0,116	7

SWARA yöntemi ve uzman değerlendirmeleri sonucunda elde edilen ana engel kriterlerinin nihai ağırlıkları incelendiğinde, İK ve Yetkinlik Engelleri (0,174) ile Teknolojik ve Altyapı Engelleri (0,173)'nin birbirine çok yakın ve en yüksek öneme sahip kriterler olduğu görülmektedir. Bu bulgu, lojistik işletmelerinde YZ'nin benimsemesinin önündeki en kritik engelin insan kaynağı yetkinliği ve teknolojik altyapı eksiklikleri olduğunu ortaya koymaktadır. Üçüncü sırada yer alan Ekonomik Engeller (0,149), yüksek başlangıç maliyetleri ve belirsiz yatırım getirisi nedeniyle işletmelerin YZ

benimseme kararını geciktirdiğine işaret etmektedir. Entegrasyon Engelleri (0,136), Yönetimsel Engeller (0,127) ve Örgütsel Direnç Engelleri (0,126) orta düzey öneme sahipken, Çevresel Engeller (0,116) en düşük ağırlıkla son sırada yer almaktadır.

Bu bölümde, ana engel kriterlerinin alt unsurlarına ait önem dereceleri uzman değerlendirmeleri aracılığıyla SWARA yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen bireysel ağırlıklar geometrik ortalama yöntemiyle birleştirilerek alt kriterler önem sırasına göre sıralanmıştır. Sonuçlar aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

Tablo 10. Alt Engeller Kriterlerinin Son Ağırlık Ortalamaları ve Kriter Sıralamaları

2-TEKNOLOJİ VE ALTYAPI ENGELLERİ	wj(Son Ağırlık)	Sıralama
2-C1 (8)	0,181	2
2-C2 (9)	0,180	3
2-C3 (10)	0,122	6
2-C4 (11)	0,185	1
2-C5 (12)	0,137	5
2-C6 (13)	0,150	4
3-İK VE YETKİNLİK ENGELLERİ	wj(Son Ağırlık)	Sıralama
3-C1 (14)	0,240	3
3-C2 (15)	0,269	1
3-C3 (16)	0,249	2
3-C4 (17)	0,220	4
4-ÖRGÜTSEL DİRENÇ ENGELLERİ	wj(Son Ağırlık)	Sıralama
4-C1 (18)	0,348	1
4-C2 (19)	0,318	3
4-C3 (20)	0,321	2
5-ENTTEGRASYON ENGELLERİ	wj(Son Ağırlık)	Sıralama
5-C1 (21)	0,327	2
5-C2 (22)	0,339	1
5-C3 (23)	0,322	3
6-EKONOMİK ENGELLER	wj(Son Ağırlık)	Sıralama

6-C1 (24)	0,276	1
6-C2 (25)	0,226	4
6-C3 (26)	0,251	2
6-C4 (27)	0,232	3
7-YÖNETİMSEL ENGELLER	wj(Son Ağırlık)	Sıralama
7-C1 (28)	0,205	1
7-C2 (29)	0,199	3
7-C3 (30)	0,203	2
7-C4 (31)	0,179	5
7-C5 (32)	0,193	4
8-ÇEVRESEL ENGELLER	wj(Son Ağırlık)	Sıralama
8-C1 (33)	0,268	1
8-C2 (34)	0,260	2
8-C3 (35)	0,231	3
8-C4 (36)	0,226	4

5. Sonuç ve Tartışma

YZ'nin lojistik sektöründe kullanılması her geçen gün artmakla beraber, aynı zamanda karşılaşılan engellerin neler olduğunun belirlenmesi ve çözüm önerilerinin sunulması zorunluluğunu da ortaya koymuştur. Buna ilişkin çalışmaların yürütülmesiyle lojistikte dijital dönüşümün sağlanması ve YZ'nin engelsiz biçimde kullanılabilmesine katkı sunulması önem teşkil etmektedir. Bu çalışmanın amacı, lojistik hizmet sağlayıcı işletmelerde YZ kullanımını etkileyen engellerin öncelik yapısının belirlenmesidir. Araştırma sonuçları, insan kaynakları ve yetkinlik engellerinin ilk sırada, teknolojik ve altyapısal engellerin ise ikinci sırada yer aldığını; ekonomik ve entegrasyon engellerinin bunları izlediğini ortaya koymaktadır. Bu sonuç, YZ benimsemesinin örgütlerde stratejik uyum, bilgi birikimi, veri hazırlığı ve kaynak tahsisıyla birlikte ele alınması gerektiğini savunan çalışmalarla uyumludur (Jöhnk vd., 2021; Cichosz vd., 2020). YZ'nin başarıya ulaşmasının teknolojik, insani ve örgütsel unsurların kombinasyonu ile ilişkili olduğu da yapılan çalışmalarda rastlanılmaktadır (Cooper, 2025). Ayrıca, çevresel engellerin görece daha düşük ağırlıkta kalması, lojistikte YZ dönüşümünün dış baskılardan çok işletmelerin stratejik yaklaşımının önemini göstermekle beraber

teknolojiye açık bir örgüt kültürü varlığının da bu benimsemede önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

YZ'nın benimsenmesinin önündeki en büyük iki engelin toplam ağırlığı yaklaşık tüm kriterlerin üçte birine denk gelen yetkinlik ve teknoloji engellerinden oluşmaktadır. İnsan kaynakları ve yetkinlik (0,174) ve teknolojik altyapı (0,173) en önemli ağırlıklara sahip engeller olması dolayısıyla sürecin iyileştirilmesi ya da dönüşüm projelerinin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle stratejik odağın ve bütçenin, personel eğitimi ve teknolojik alt yapının güçlendirilmesine aktarılması önem taşımaktadır. Üçüncü en önemli ağırlığa sahip olan ekonomik engeller (0,149) için ise finansal sınırlılıkların azımsanmayacak bir orana sahip olduğudur. Akabinde yer alan entegrasyon engelleri (0,136) ağırlık ile mevcut yapı içerisine yeni sistemlerin uyum sağlamasında zorluk yaşandığına işaret etmektedir. Yönetimsel engeller (0,127) ağırlıkla bir sonraki sıralamada beşinci olarak yer almaktadır. Kültürel ve çevresel unsurların meydana getirdiği örgütsel direnç engelleri (0,126) ve çevresel engellerde (0,116) son sıralarda yer almaktadır. Yönetim kademesinin veya çalışanların yeniliğe karşı duran direnç sergilemeleri yetkinlik eksikliği ya da altyapı yetersizliği kadar önemli bir tehdit oluşturmadığını göstermektedir. En düşük ağırlığa sahip olan çevresel engeller ise YZ benimseme sürecinde gidişatı en az etkileyen bir dışsal faktör olarak görülmüştür.

Alt kriterler düzeyinde teknik bilgi yetersizliği, eğitim eksikliği, yetersiz dijital/fiziksel altyapı, veri kalitesi ve veri güvenliği gibi unsurların öne çıkması, YZ kullanımının başarılı biçimde yaygınlaşabilmesi için firmaların öncelikle beceri geliştirme, veri yönetimi ve altyapı olgunluğu alanlarında yatırım yapmaları gerektiğini göstermektedir. Bu bulgular, tedarik zinciri ve operasyon literatüründe YZ uygulamalarının veri ve sistem gereksinimleri, uygulama süreçleri ve örgütler arası entegrasyon sorunları gibi engellerin ön plana çıktığı çalışmalarla örtüşmektedir (Min, 2010; Toorajipour vd., 2021; Culot vd., 2024). Benzer biçimde, YZ şeffaflığı eksikliği ile YZ sistemlerine güven eksikliğinin vurgulanması, açıklanabilir ve sorumlu YZ uygulamalarının yalnızca etik bir tercih değil, karar kalitesi ve örgütsel kabul açısından da işlevsel bir zorunluluk olduğunu göstermektedir (Sadeghi vd., 2024; Vann Yaroson vd., 2025).

Bu çalışma teorik ve uygulamaya dönük olarak alana katkı sunmaktadır. Teorik açıdan bu çalışma, lojistik hizmet sağlayıcı bağlamında YZ benimseme engellerinin önceliklendirilmesine katkı sunmakta; böylece literatürde sıklıkla ayrı ayrı ele alınan insan, teknoloji, süreç ve yönetim boyutlarının aynı karar çerçevesi içinde birlikte değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Uygulama açısından ise sonuçlar, firmaların YZ yatırımlarını yalnızca teknoloji satın alma bakış

açısıyla değil; eğitim, süreç uyumu, veri güvenliği, liderlik ve strateji geliştirme boyutlarıyla bütüncül biçimde planlamaları gerektiğine işaret etmektedir. Çalışmanın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. Bulgular, 20 uzman görüşüne dayanan, bağlama özgü ve kesitsel bir değerlendirmedir. Gelecek araştırmalarda farklı ülke ve firma ölçeklerinden örneklemelerle karşılaştırmalı analizler yapılması, alt kriterlerin genel toplam etkilerinin farklı ÇKKV teknikleriyle sınanması ve bu engellerin gerçek benimseme ve performans çıktılarıyla ilişkilendirilmesi literatüre önemli katkılar sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Akkan, M. M. (2026). Yapay Zeka Destekli Sürdürülebilir Reshoring Kararları: Endüstri 5.0 Tabanlı Bir Çerçeve. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 61(1), 862-885.
- Al Suwaidi, J., Aydin, R., & Rashid, H. (2022). Investigating barriers and challenges to artificial intelligence (AI) implementation in logistic operations: A systematic review of literature. In *5th European International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, <https://doi.org/10.46254/EU05.20220308>.
- Ali, I., & Phan, H. M. (2022). Industry 4.0 technologies and sustainable warehousing: a systematic literature review and future research agenda. *The International Journal of Logistics Management*, 33(2), 644-662.
- Baglio, M., Creazza, A., & Dallari, F. (2025). 'Logistics 4.0' technologies in the 3PL industry: a maturity model. *Production Planning & Control*, 36(12), 1696-1712.
- Bas, T. G., Astudillo, P., Rojo, D., & Trigo, A. (2023). Opinions related to the potential application of artificial intelligence (AI) by the responsible in charge of the administrative management related to the logistics and supply chain of medical stock in health centers in north of Chile. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(6), 4839.
- Boršoš, P., & Koman, G. (2025). Overview of Current Research on Artificial Intelligence in Logistics. *LOGI-Scientific Journal on Transport and Logistics*, 16(1), 13-24.
- Çakır, E. (2017). Kentsel dönüşüm kapsamında müteahhit firmanın SWARA-Gri İlişkisel Analiz yöntemiyle seçilmesi. *The Journal of International Scientific Researches*, 2(6), 79-95.
- Cannas, V. G., Ciano, M. P., Saltalamacchia, M., & Secchi, R. (2024). Artificial intelligence in supply chain and operations management: a multiple case study research. *International journal of production research*, 62(9), 3333-3360.
- Carlan, V., & Vanelslender, T. (2021). Corrigendum: Economic Aspects of Introducing Artificial Intelligence Solutions in Logistics and Port Sectors: The Data Entry Case. *Frontiers in Future Transportation*, 2, 757860.
- Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., & Juan, A. A. (2024). Artificial intelligence in logistics optimization with sustainable criteria: A review. *Sustainability*, 16(21), 9145.
- Christopher, M. (2011). *Logistics and Supply Chain Management*, Pearson Uk.

- Chung, S. H. (2021). Applications of smart technologies in logistics and transport: A review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 153, 102455.
- Cichosz, M., Wallenburg, C. M., & Knemeyer, A. M. (2020). Digital transformation at logistics service providers: barriers, success factors and leading practices. *The International Journal of Logistics Management*, 31(2), 209-238.
- Conde, M. L., & Twinn, I. (2019). How artificial intelligence is making transport safer, cleaner, more reliable and efficient in emerging markets.
- Cooper, M. (2025). Barriers to AI Adoption in Supply Chain Management: Perspectives from Industry Leaders.
- Culot, G., Podrecca, M., & Nassimbeni, G. (2024). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review of empirical studies and research directions. *Computers in Industry*, 162, 104132. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104132>.
- Faccenda, G. (2021). Measuring the sustainability impact of Artificial Intelligence in logistics: a case study analysis.
- Fang, M., Liu, F., Xiao, S., & Park, K. (2023). Hedging the bet on digital transformation in strategic supply chain management: a theoretical integration and an empirical test. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 53(4), 512-531.
- Fosso Wamba, S., Guthrie, C., Queiroz, M. M., & Minner, S. (2024). ChatGPT and generative artificial intelligence: an exploratory study of key benefits and challenges in operations and supply chain management. *International Journal of Production Research*, 62(16), 5676-5696.
- Gonçalves, R., & Domingues, L. (2025). Artificial intelligence driving intelligent logistics: Benefits, challenges, and drawbacks. *Procedia Computer Science*, 256, 665-672.
- Haddud, A. (2024). ChatGPT in supply chains: Exploring potential applications, benefits and challenges. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 35(7), 1293-1312.
- Hamrol, A., Gawlik, J., & Śladek, J. (2019). Mechanical engineering in Industry 4.0. *Management and Production Engineering Review*, 10, 14-28.
- Han, X. (2025). Collaborative Optimization Algorithm for Multimodal Logistics System based on Artificial Intelligence. In *2025 3rd International Conference on Integrated Circuits and Communication Systems (ICICACS)* (pp. 1-6). IEEE.
- Hangl, J., Krause, S., & Behrens, V. J. (2023). Expert interviews of drivers barriers and social considerations for AI adoption in SCM. *Technology in Society*. Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102299>.
- Hao, X., & Demir, E. (2025). Artificial intelligence in supply chain management: enablers and constraints in pre-development, deployment, and post-development stages. *Production Planning & Control*, 36(6), 748-770.
- Hsiao, W. H., & Chang, T. S. (2019). Exploring the opportunity of digital voice assistants in the logistics and transportation industry. *Journal of Enterprise Information Management*, 32(6), 1034-1050.

- https://cscmp.org/Cscmp/Educate/Scm_Definitions_And_Glossary_Of_Terms/Cscmp/Educate/Scm_Definitions_And_Glossary_Of_Terms.aspx?Hkey=60879588-F65f-4ab5-8c4b-6878815ef921, 2024.
- Imane, I. E. F., Zahra, M. F., & Zainab, S. (2025, May). Developing a Maturity Model for Logistics Service Providers: Framework and Perspectives Research. In *2025 16th International Conference on Logistics and Supply Chain Management (LOGISTIQUA)* (pp. 1-7). IEEE.
- Ivanov, S. H., & Webster, C. (2017). Adoption of robots, artificial intelligence and service automation by travel, tourism and hospitality companies—a cost-benefit analysis. *Artificial intelligence and service automation by travel, tourism and hospitality companies—a cost-benefit analysis*.
- Jenkins, A. (2023). <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/logistics-service-providers.shtml>
- Jöhnk, J., Weißert, M., & Wyrski, K. (2021). Ready or Not, AI Comes—An Interview Study of Organizational AI Readiness Factors: J. Jöhnk et al.: Ready or Not, AI Comes: An Interview Study of Organizational AI Readiness Factors. *Business & information systems engineering*, 63(1), 5-20. <https://doi.org/10.1007/s12599-020-00676-7>
- Kar, S., Kar, A. K., & Gupta, M. P. (2021). Modeling drivers and barriers of artificial intelligence adoption: Insights from a strategic management perspective. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 28(4), 217-238.
- Keršulienė, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). Selection Of Rational Dispute Resolution Method By Applying New Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis (Swara). *Journal Of Business Economics And Management*, 11(2), 243–258. <https://doi.org/10.3846/Jbem.2010.12>
- Kumar, K., & Kumar, D. H. (2025). Ai Architecture and Logistics Operation (3pl and Freight Forwarders): An Empirical Study on Adaptability and Challenges Faced in Implementing Ai Architecture and the Way Forward. *Available at SSRN 5092984*.
- Malhotra, G., & Kharub, M. (2025). Elevating logistics performance: harnessing the power of artificial intelligence in e-commerce. *The International Journal of Logistics Management*, 36(1), 290-321.
- Mardani, A., Nilashi, M., Zakuan, N., Loganathan, N., Soheilrad, S., Saman, M. Z. M., & Ibrahim, O. (2017). A systematic review and meta-Analysis of SWARA and WASPAS methods: Theory and applications with recent fuzzy developments. *Applied soft computing*, 57, 265-292. <https://doi.org/10.1016/J.Asoc.2017.03.045>.
- Marcus Wallenburg, C., Knemeyer, A. M., Goldsby, T. J., & Cahill, D. L. (2010). Developing A Scale For Proactive Improvement Within Logistics Outsourcing Relationships. *The International Journal Of Logistics Management*, 21(1), 5-21.
- Matias, S., Dias, A. L., & Pereira, L. (2026). Artificial Intelligence Adoption in Event Logistics: Barriers, Critical Success Factors, and Expert Consensus from a Delphi Study. *Logistics*, 10(2), 48.

- Mavi, R. K., Goh, M., & Zarbakhshnia, N. (2017). Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry. *The international journal of advanced manufacturing technology*, 91(5), 2401-2418. <https://doi.org/10.1007/S00170-016-9880-X>.
- Merhi, M. I. (2023). An assessment of the barriers impacting responsible artificial intelligence. *Information Systems Frontiers*, 25(3), 1147-1160.
- Min, H. (2010). Artificial intelligence in supply chain management: theory and applications. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 13(1), 13-39. <https://doi.org/10.1080/13675560902736537>.
- Molopa, T. (2023). *Factors affecting the adoption of artificial intelligence (AI) in the supply chain and logistics industry* (Doctoral dissertation, University of the Western Cape).
- Mukherjee, S., Nagariya, R., Mathiyazhagan, K., Baral, M. M., Pavithra, M. R., & Appolloni, A. (2024). Artificial intelligence-based reverse logistics for improving circular economy performance: a developing country perspective. *The International Journal of Logistics Management*, 35(6), 1779-1806.
- Nalbantoğlu, C. B. (2024). Yapay zeka ve uygulamalarının örgüt kültürü üzerine etkisi. *İzlek Akademik Dergi*, 7(2), 1-10.
- Nasib, N., & Haraz, S. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Optimizing Supply Chain Efficiency in Smart Logistics. In *2025 International Conference on Innovation in Artificial Intelligence and Internet of Things (AIIT)* (pp. 1-6). IEEE.
- Nikitas, A., Michalakopoulou, K., Njoya, E. T., & Karampatzakis, D. (2020). Artificial intelligence, transport and the smart city: Definitions and dimensions of a new mobility era. *Sustainability*, 12(7), 2789.
- Panayides, P. M., & So, M. (2005). Logistics Service Provider–Client Relationships. *Transportation Research Part E: Logistics And Transportation Review*, 41(3), 179-200.
- Prockl, G., Pflaum, A., & Kotzab, H. (2012). 3PL factories or lernstatts? Value-creation models for 3PL service providers. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(6), 544-561. <https://doi.org/10.1108/09600031211250587>.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia cirp*, 52, 173-178.
- Rane, N. L., Chika, O. E., & Rane, J. (2026). Business intelligence systems integrating artificial intelligence, big data analytics, machine learning, internet of things, and blockchain. *International Journal of Applied Resilience and Sustainability*, 2(2), 367-395.
- Rathore, B., Gupta, R., Biswas, B., Srivastava, A., & Gupta, S. (2022). Identification and analysis of adoption barriers of disruptive technologies in the logistics industry. *The International Journal of Logistics Management*, 33(5), 136-169.
- Rugiubei, R., & Stoica, V. (2025). Challenges in Adopting Artificial Intelligence Technologies in Supply Chain Management in Romanian Companies. *Revista De Management Comparat International*, 26(1), 207-217.

- Ruzgys, A., Volvačiovas, R., Ignatavičius, Č., & Turskis, Z. (2014). Integrated evaluation of external wall insulation in residential buildings using SWARA-TODIM MCDM method. *Journal of Civil Engineering and management*, 20(1), 103-110. <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.843585>.
- Sadiku, M. N. O. (1989). Artificial Intelligence. Ieee Potentials. <https://doi.org/10.1109/45.31596> (Page:35-39).
- Sadeghi, K. R., Ojha, D., Kaur, P., Mahto, R. V., & Dhir, A. (2024). Explainable artificial intelligence and agile decision-making in supply chain cyber resilience. *Decision Support Systems*, 180, 114194. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2024.114194>.
- Seikh, M. R., & Chatterjee, P. (2024). Determination of best renewable energy sources in India using SWARA-ARAS in confidence level based interval-valued Fermatean fuzzy environment. *Applied Soft Computing*, 155, 111495. <https://doi.org/10.1016/J.Asoc.2024.111495>.
- Stanujkic, D., Karabasevic, D., & Zavadskas, E. K. (2015). A framework for the selection of a packaging design based on the SWARA method. *Engineering Economics*, 26(2), 181-187. <https://doi.org/10.5755/J01.Ee.26.2.8820>.
- Taburoğlu, Ö. (2025). Yapay Zekâ 101, Say Yayınları, İstanbul.
- Tavana, M., Soltanifar, M., & Santos-Arteaga, F. J. (2023). Analytical hierarchy process: Revolution and evolution. *Annals of operations research*, 326(2), 879-907. <https://doi.org/10.1007/S10479-021-04432-2>.
- Thankappan, A., & Sabu, A. (2024). Artificial Intelligence adoption in green logistics.
- Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of business research*, 122, 502-517.
- Tse, Y. K., Chan, T. M., & Lie, R. H. (2009). Solving complex logistics problems with multi-artificial intelligent system. *International Journal of Engineering Business Management*, Vol. 1, No. 1 Pp. 37-48.
- Walter, A., Ahsan, K., & Rahman, S. (2025). Application of artificial intelligence in demand planning for supply chains: a systematic literature review. *The International Journal of Logistics Management*, 36(3), 672-719.
- Yang, W. L., Zelbst, P. J., Berg, M. D., & Green, K. W. (2025). Adapting to the new dynamics of digital supply chains, *Supply Chain Management Review*. scmr.com
- Wohlleber, A., Münch, C., & Hartmann, E. (2022). Prevailing technologies and adoption obstacles in maritime logistics. In *Changing Tides: The New Role of Resilience and Sustainability in Logistics and Supply Chain Management–Innovative Approaches for the Shift to a New Era. Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, Vol. 33 (pp. 559-588). Berlin: epubli GmbH.

- Xia, W. H., Zhou, D., Xia, Q. Y., & Zhang, L. R. (2020). Design and implementation path of intelligent transportation information system based on artificial intelligence technology. *The Journal of Engineering*, 2020(13), 482-485.
- Vann Yaroson, E., Abadie, A., & Roux, M. (2025). Human-artificial intelligence collaboration in supply chain outcomes: The mediating role of responsible artificial intelligence. *Annals of Operations Research*, 354, 35–69. <https://doi.org/10.1007/s10479-025-06534-7>
- Yurdasever, E. (2026). İşletmelerde Sürdürülebilirlik İçin Yapay Zekanın Kullanılması: Olası Olumlu Etkiler, Riskler ve Güçlükler. *Istanbul Gelisim University Journal of Social Sciences*, (Advanced Online Publication), 1597-1619.
- Zarbakshshnia, N., Soleimani, H., & Ghaderi, H. (2018). Sustainable third-party reverse logistics provider evaluation and selection using fuzzy SWARA and developed fuzzy COPRAS in the presence of risk criteria. *Applied soft computing*, 65, 307-319. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.01.023>.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Kildienė, S. (2014). State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. *Technological and economic development of economy*, 20(1), 165-179. <https://doi.org/10.3846/20294913.2014.892037>.
- Zolfani, S. H., & Saparauskas, J. (2013). New application of SWARA method in prioritizing sustainability assessment indicators of energy system. *Engineering economics*, 24(5), 408-414. <https://doi.org/10.5755/J01.Ee.24.5.4526>.