JOTMAR
Ege Üniversitesi *Ulaştırma Yönetimi Araştırmaları Dergisi*
Journal of Transportation Management Research

Yıl: 2026
e-ISSN: 3023-7912
https://dergipark.org.tr/tr/pub/jotmar

Makalenin Türü / Article Type: Araştırma Makalesi / Research Article
Gönderim Tarihi/Date Submitted: 12.04.2026
Kabul Tarihi/Date Accepted: 15.10.2026

2026

Otonom Karar Sistemlerinin Akıllı Tedarik Zinciri Yönetimine Etkisi Üzerine Bibliyometrik Analiz

Azar Gulushlu[**]

Öz

Bu çalışma, tedarik zinciri yönetiminde (TZY) dijitalleşme sürecini ve otonom karar sistemlerinin bu süreçteki rolünü kapsamlı bir biçimde incelemeyi amaçlamıştır. Araştırmada karma yöntem yaklaşımı benimsenmiştir. Bu kapsamda, geleneksel literatür taraması çerçevesinde Türkiye'de gerçekleştirilen çalışmalar değerlendirilmiş; bibliyometrik analiz kapsamında ise araştırma amacına uygun uluslararası literatür incelenmiştir. Bu doğrultuda, Clarivate Web of Science veri tabanında belirlenen anahtar kelimeler esas alınarak derlenen çalışmalar ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Gerçekleştirilen bibliyometrik analiz sonucunda toplam 1602 yayına ulaşılmış; veri ayıklama sürecinin ardından 746 araştırma makalesi incelemeye dâhil edilmiştir. Elde edilen bulgular, Endüstri 4.0 kavramının 2011 yılından sonraki ilk dört yıl boyunca TZY alanındaki akademik çalışmaların odağında yer almadığını göstermektedir. Ayrıca, Türkiye özelinde gerçekleştirilen çalışmaların özellikleri değerlendirilmiş; otonom karar sistemleri ile akıllı tedarik zincirleri konularının akademik literatürde henüz doygunluk düzeyine ulaşmadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Tedarik Zinciri Yönetimi, Karar Verme, Yapay Zekâ, Nesnelerin İnterneti.

JEL Kodları: D83, L14, O33.

A Bibliometric Analysis Of The Impact Of Autonomous Decision Systems On Smart Supply Chain Management

Abstract

This study aims to comprehensively examine the digitalization process in supply chain management and the role of autonomous decision systems within this process. A mixed-methods approach was adopted in the research. In this context, studies conducted in Türkiye were evaluated through a traditional literature review, while the international literature relevant to the research objective was analyzed within the framework of bibliometric analysis. Accordingly, the studies compiled based on the keywords identified in the Clarivate Web of Science database were analyzed in detail. As a result of the bibliometric analysis, a total of 1,602 publications were identified; following the data screening process, 746 research articles were included in the analysis. The findings indicate that the concept of Industry 4.0 did not become a focal point in the supply chain management literature during the first four years following 2011. Additionally, the characteristics of studies conducted in Türkiye were examined, and it was concluded that research on autonomous decision systems and smart supply chains has not yet reached a saturation level in the academic literature.

Keywords: Industry 4.0, Supply Chain Management, Decision-Making, Artificial Intelligence, Internet Of Things.

JEL Codes: D83, L14, O33.

[**] Doktora Öğrencisi, Selçuk Üniversitesi, azer.gulushlu@gmail.com, ORCID: 0009-0002-1828-2942

1. GİRİŞ

İşletmelerin ayrılmaz bir parçası olan tedarik zinciri, endüstri dünyasının en temel bileşenlerinden biridir. Ne var ki son yıllarda küresel tedarik zincirleri, 2019 yılının sonunda ortaya çıkan COVID-19 pandemisi, uluslararası ticareti etkilemeyi sürdüren savaşlar ve jeopolitik gerilimler nedeniyle ciddi sorunlarla karşı karşıya kalmıştır. Bu durum, tedarik zincirlerindeki geleneksel modellerin esneklikten yoksun olduğunu ve zayıf yönlerini belirgin biçimde ortaya çıkarmıştır (Xu, Mak, Proselkov, vd., 2024). Söz konusu olumsuz etkenler, tedarik zincirinin temel unsurlarından biri olan bilgi akışını da etkilemiş ve bilginin üretimi ile işlenmesini dijitalleşmeye yöneltmiştir. 21. yüzyıldan itibaren teknolojik gelişmeler ve hızla ilerleyen dijitalleşme süreçleri, bilginin üretimi ve dağıtımında köklü dönüşümlere yol açmıştır (Orujov, 2025).

Bu çalışmanın ele alınmasındaki temel motivasyon, tedarik zinciri yönetiminin (TZY) günümüzde artık insan kontrolünden bağımsız, veri odaklı ve otonom karar mekanizmalarına doğru evrilmekte olmasıdır (Ghobakhloo vd., 2025). Nitekim son dönemde yayımlanan sektör raporları da, işletmelerin tedarik zinciri operasyonlarında yapay zekâ destekli otonom sistemlere yatırımlarını hızla artırdığını, ancak bu dönüşümün akademik literatürde özellikle Türkçe yazında yeterince kavramsallaştırılmadığını ortaya koymaktadır (Baldea vd., 2025). Alanyazın incelendiğinde, otonom karar sistemleri, otonom tedarik zinciri ve akıllı TZY kavramlarının çoğunlukla birbirinin yerine veya iç içe geçmiş biçimde kullanıldığı, bu kavramlar arasındaki sınırların ve ilişkinin net bir biçimde ortaya konulmadığı görülmektedir; bu durum, alandaki temel araştırma boşluğunu oluşturmaktadır. Bu doğrultuda çalışma otonom karar sistemlerinin akıllı TZY literatüründeki konumunu bibliyometrik olarak ortaya koymayı, bu alanda Türkiye'de yürütülen çalışmaların uluslararası literatürle karşılaştırmalı bir çerçevede değerlendirilmesini ve gelecekte yürütülecek araştırmalara yön verecek boşluk alanlarının belirlenmesini amaçlamaktadır.

Endüstri 4.0 çağıyla birlikte gelen yapay zekâ, nesnelerin interneti, blok zincirler, otonom ve robotik karar sistemleri gibi teknolojilerin bir araya gelmesiyle insan ile makine arasındaki sınırlar giderek belirsizleşmiştir. Tedarik zinciri süreçlerinde insan emeği faktörünün azalmasıyla birlikte, yönetim paradigmalarındaki dönüşüm de hız kazanmıştır (Sharma vd., 2022). Bu dönüşüm, TZY'nin üretkenliğini ve verimliliğini büyük ölçüde artırmıştır.

Bu etkilerin nedenlerini ve küresel ölçekte TZY üzerinde nasıl ortaya çıktığını ayrıntılı biçimde inceleyebilmek amacıyla bibliyometrik bir analiz gerçekleştirilmiştir. Karma yöntem metodolojisi benimseyen çalışmanın temel amacı, Dördüncü Sanayi Devrimiyle gelen teknolojilerin, otonom karar sistemlerinin, yapay zekâ destekli karar mekanizmalarının tedarik zinciri süreçlerini nasıl "akıllı" hâle getirdiğini kapsamlı biçimde ortaya koymaktır. Bu alanda hem Türkiye'de hem de uluslararası akademik literatürde yürütülen çalışmaların ve

bulgularının ortaya konularak geliştirilmesi gereken alanların belirlenmesi, henüz tamamlanmamış teknolojik uyum sürecinin hızlanmasına katkı sağlayabilecektir.

Belirtilen amaçlar doğrultusunda çalışmada yanıt aranan araştırma soruları şu şekilde formüle edilmiştir. AS1: Otonom karar sistemleri ve akıllı TZY'ye ilişkin uluslararası literatür, yayın ve atıf göstergeleri bakımından zaman içinde nasıl bir gelişim göstermiştir ve bu gelişimde hangi kaynaklar, ülkeler ve çalışmalar öne çıkmaktadır? AS2: Söz konusu literatürün kavramsal ve tematik yapısı hangi kümeler etrafında örgütlenmektedir ve otonom karar sistemleri bu yapı içinde nasıl konumlanmaktadır? AS3: Türkiye'de akıllı TZY alanında yürütülen çalışmalar, araştırma eksenleri ve kullanılan yöntemler bakımından uluslararası literatürle hangi noktalarda örtüşmekte ve hangi noktalarda ayrışmaktadır? AS4: Elde edilen bulgular ışığında, otonom karar sistemleri ve akıllı TZY alanında gelecekteki araştırmalara yön verebilecek boşluk alanları nelerdir?

AS1, bibliyometrik analizin performans analizi bileşeni (Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, Tablo 2 ve Tablo 3) aracılığıyla; AS2 ise bilimsel alan haritalama bileşeni (Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9) aracılığıyla yanıtlanmaktadır. AS3, Türkçe alanyazına yönelik geleneksel literatür taramasından elde edilen bulguların (Tablo 1) bibliyometrik bulgularla karşılaştırılmasına dayanırken AS4, her iki yöntemsel boyuttan elde edilen bulguların bütünleştirilmesiyle ele alınmıştır. Araştırma sorularına verilen yanıtlar Sonuç ve Öneriler bölümünde toplu biçimde sunulmuştur.

Bibliyometrik analizlerden elde edilen sonuçlar bazı hususlarda benzerlik gösterirken, bazı bulgular farklı yorumlara olanak tanımıştır. Veri toplama ve ayıklama sonucunda geriye kalan 746 araştırma makalesi içerisindeki çalışmalar, genel olarak Endüstri 4.0 uygulamalarının TZY, depo iş süreçleri ve depo envanter yönetimi üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Ağırlıklı olarak bilişim sistemleri ve bilgisayar mühendisliği alanlarını temel alan araştırmalar ise "dijital ikiz", "karar verme sistemleri", "nesnelerin interneti" kavramlarına ağırlıklı olarak yönelmiştir. TZY üzerine yapılan araştırmalar ise bu kaynaklardan hareketle farklı modeller ve problem çözme teknikleri geliştirmiştir.

Araştırmanın izleyen başlıklarında önce TZY ve akıllı TZY kavramları, ardından otonom karar sistemleri dijitalleşen tedarik zincirleri bağlamında kavramsal boyutuyla ele alınmıştır. Uluslararası literatürün yanı sıra Türkiye'de yapılmış araştırmalar da tablo hâlinde sunularak özellikleri bakımından değerlendirilmiştir.

2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

İşletme biliminin alt disiplinlerinde operasyonel süreçlerin idare edilmesine yönetim adının verildiği gibi, tedarik zinciri döngüsünde yürütülen tüm faaliyetlerin izlenmesi, düzenlenmesi ve yönetilmesi de TZY kavramıyla ifade edilmektedir (Gedik, 2021). Tedarik zinciri kavramı, dar anlamda ürünün tedarikçiden nihai tüketiciye kadar olan dağıtım aşamasını ifade etse de (Talih ve Dönmez, 2024), alanyazındaki daha kapsayıcı tanımlar bu kavramı

yalnızca fiziksel dağıtımla sınırlamamaktadır. Bowersox vd. (2002) tedarik zincirini, hammaddenin temini ile başlayıp nihai ürünün son kullanıcıya ulaştırılmasına kadar uzanan malzeme, bilgi ve finansal akışların bütünleşik yönetimi olarak tanımlarken; Christopher (2016) tedarik zincirini farklı süreç ve faaliyetlerin ürün ve hizmet biçiminde nihai tüketiciye değer sunmak amacıyla üretici ve tedarikçiler arasındaki ilişkiler ağı şeklinde ele almaktadır. Benzer şekilde Peck (2005), tedarik zincirini yalnızca bir dağıtım kanalı değil, aynı zamanda risk ve güvenlik unsurlarının da yönetildiği dinamik bir sistem olarak değerlendirmektedir. Bu doğrultuda TZY ise, tedarik ağındaki dinamiklik, rekabet, işlem maliyet analizi gibi unsurları temel alarak bu bütünleşik süreci yönetmeyi amaçlamaktadır (Öztürk, 2025, s. 61).

Günümüz teknoloji çağını literatürde temsil eden Endüstri 4.0 üzerine yapılan araştırmalara bakıldığında, TZY süreçlerinin de bu kavramla birlikte ele alındığını görmek mümkündür (Demir vd., 2022; Tekin vd., 2020). Endüstri 4.0, adını 4. Sanayi Devrimi'nin başlangıcı olarak kabul edilen ve 2011 yılında sanayinin geleceğini şekillendiren teknolojilerin sergilendiği etkinlik olan Hannover Fuarı'ndan almıştır (Bibby ve Dehe, 2018). Endüstri 4.0 ile adı geçen bu teknolojilere ise, yapay zekâ, nesnelerin interneti (IoT), otonom robotlar ve sistemler, üç boyutlu (3D) yazıcılarla üretim, büyük veri ve analitiği uygulamaları örnek olarak gösterilmektedir (Nalbant & Aydın, 2025). Bu teknolojilerin TZY süreçlerindeki yansımaları incelendiğinde; yapay zekânın talep tahmini ve envanter optimizasyonunda karar hızını artırdığı, IoT tabanlı sensörlerin depo ve taşıma süreçlerinde gerçek zamanlı izlenebilirlik sağladığı, 3D yazıcı teknolojilerinin tedarik sürelerini kısaltarak stok bağımlılığını azalttığı, büyük veri analitiğinin ise tedarik zinciri risklerinin önceden öngörülmesine imkân tanıdığı görülmektedir (Ghobakhloo vd., 2025). Depo iş süreçlerinde, lojistik faaliyetlerde kullanımı gittikçe yaygın hale gelen bu uygulamaların TZY'ye etki boyutu ve etki yönü ise, literatürde farklı perspektiflerden araştırılan güncel bir konu olarak öne çıkmaktadır (Çelik, 2025).

Endüstri 4.0 ve uygulamalarına ilişkin sunulan bu özet bilgi, teknolojik uygulamalar ile TZY arasındaki entegrasyonu daha açık biçimde ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, TZY'yi etkileyen teknolojilerin katkısıyla TZY araştırma alanının hangi alt disiplinlere ayrıldığı ise izleyen başlıklarda değerlendirilecektir.

2. 1. Akıllı Tedarik Zinciri Yönetimi

Geleneksel TZY; tedarikçi seçiminden başlayıp üretim planlama, envanter yönetimi, depolama, taşıma ve dağıtım gibi birbirini takip eden doğrusal süreçleri kapsayan, büyük ölçüde önceden tanımlanmış kurallara ve periyodik insan denetimine dayalı bir yapıya sahiptir (Christopher, 2016). Bu yaklaşımda karar alma süreçleri merkeziyetçi bir mantıkla yürütülmekte, tedarik ağındaki bilgi akışı genellikle geriye dönük verilere dayanmaktadır. Geleneksel TZY'nin dijitalleşme süreci, Endüstri 4.0'ın teknolojik getirileriyle ivme kazanmıştır (Xu vd., 2024, s. 3). Son teknolojik yeniliklerin TZY süreçlerine entegrasyonu sonucunda

operasyonel süreçlerin işleyişinde esneklik kazandıran yaklaşım akıllı TZY olarak ortaya çıkmaktadır (Talih ve Dönmez, 2024, s. 845).

TZY süreçlerinde meydana gelen birtakım karmaşık durumların (örn. eş zamanlı karar verme, büyük veri analitiği) belirli bir noktadan sonra insan emeğiyle yönetilmesi verimsiz hâle gelmektedir (Wu vd., 2016, s. 398). Dolayısıyla akıllı TZY'nin günümüzde önem kazanmasının temel nedeni, yukarıda örneklenen karmaşık problemlerin geleneksel yöntemlerle çözülememesidir (Alabdali vd., 2025, s. 3). Bunun yanı sıra, operasyonel süreçlerin geleneksel yöntemlere kıyasla daha etkin ve hızlı yürütülmesi de akıllı TZY'nin sağladığı kazanımlar arasındadır (Talih ve Dönmez, 2024, s. 847). Mevcut tedarik ağlarının sahip olduğu dinamiklik ve çok katmanlı karmaşıklık, yalnızca insan müdahalesine dayanan ve güncel teknolojilerden yararlanmayan çözüm yollarını kısıtlamaktadır (Alabdali vd., 2025, s. 4). Akıllı TZY sistemleri ise bu karmaşıklığı otomasyon, analitik beceri ve entegrasyon gibi yeteneklerle yöneterek ciddi hasar veya aksamalara yol açabilecek sorunları büyük ölçüde ortadan kaldırabilmektedir (Chbaik vd., 2021, s. 580; Wu vd., 2016, s. 400).

Akıllı TZY kavramına ilişkin hem kapsayıcı hem de anlaşılır bir tanımlama ortaya koyabilmek; ayrıca kavramın alt bileşenlere ayrılabilirliği, olası sınıflandırmaları ve süreç yapısının açıklanabilmesi amacıyla, ulusal literatürdeki çalışmalar ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Söz konusu inceleme Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tabloda yer verilecek çalışmaların belirlenmesinde; Türkçe yayımlanmış olma, başlığında veya öz kısmında "akıllı tedarik zinciri", "Endüstri 4.0 ve tedarik zinciri" veya eşdeğer ifadelerin yer alması, hakemli bir dergide yayımlanmış olma ve güncelliği koruyan (2020-2025 yılları arası) çalışmalar olması ölçütleri esas alınmıştır.

Tablo 1: Akıllı Tedarik Zinciri Yönetimine İlişkin Türkiye'de Yapılmış Çalışmalar

Kaynak	Araştırma Ekseni	Araştırma Yöntemi	Katkı
Terzi vd. 2020	Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi; Endüstri 4.0	Analitik Hiyerarşi Prosesi; Analitik Ağ Süreci	Endüstri 4.0 ile entegre hale gelmiş sürdürülebilir bir tedarik zinciri yönetimi için entegrasyon sürecinde etkili olan kriterler; "Sürdürülebilir Kalkınma Perspektifi", "Operasyonel Yönetim", "Büyük veri", "Ekonomiklik", "Müşteri yanıtını benimseme" ve "Değer odaklı yatırım" olarak belirlenmiştir.
Gedik (2021)	Endüstri 4.0; Tedarik Zinciri Yönetimi	Literatür Taraması; Derleme	Endüstri 4.0 uygulamaları, çağın gereklerine uyum sağlamak ve özgün bir rekabet avantajı elde etmek için işletmelerin gecikmeksizin benimsemesi gereken bir yaklaşımdır.
Demir vd., 2022	Endüstri 4.0; Akıllı Tedarik Zinciri Yönetimi	Matematiksel Modelleme	Çalışmada, firmaların Endüstri 4.0'a hazırlık ve olgunluk düzeylerinin daha iyi anlaşılıp ölçülebilmesi için bir model önerilmiştir. Bu model

			akıllı ve sürdürülebilir tedarik zinciri hazırlık ve olgunluk (ASTZHO) modeli olarak isimlendirilmiş ve modelin bileşenleri on iki adet Endüstri 4.0 aracı ile sürdürülebilirliğin 3 ana boyutundan oluşturulmuştur.
Kılıç (2022)	Tarımsal Gıda Tedarik Zinciri Modeli; Blok Zincir Teknolojisi	Literatür Taraması; Derleme	Akıllı sözleşmelere dayalı blok zincir destekli akıllı tedarik zinciri modeli; şeffaflık, hesap verebilirlik, değişmezlik, izlenebilirlik ve kullanılabilirlik özellikleri sayesinde çiftçiler, perakendeciler ve nihai kullanıcılar açısından geleceğin tedarik zinciri modeli olma potansiyeli taşımaktadır.
Talih ve Dönmez (2024)	Akıllı Tedarik Zinciri; Tedarik Zinciri Riskleri	Literatür Taraması; Derleme	Türkiye'de tedarik zinciri stratejisinin belirlenmesi, terminolojide dil birliğinin sağlanması, süreç ve alt süreçlerde sorumlu otoritelerin netleştirilmesi ve sektörler arası birlikte çalışabilirliği temin edecek bir Tedarik Zinciri Değerlendirme Kurulunun oluşturulması temel bir ihtiyaçtır.
Öztürk (2025)	Akıllı Lojistik; Blok Zincir	Literatür Taraması; Derleme	Endüstri 4.0 bağlamında pazarlama ile üretim arasındaki entegrasyonu sağlayan tedarik ve lojistik faaliyetlerinin, büyük veri, IoT, yapay zekâ, 5G, küçük veri ve blok zincir teknolojileri temelinde Lojistik 4.0 yaklaşımıyla dijital dönüşüme uyum sağlaması gerekmektedir.
Çelik (2025)	Yapay zekâ; Tedarik Zinciri	Sistematik Literatür Taraması	Yapay zekâ uygulamaları, tedarik zinciri süreçlerinde operasyonel verimliliği artırmanın ötesinde, risk öngörüsü, talep yönetimi ve stratejik karar alma yetkinliklerini geliştirerek işletmelerin dayanıklılık ve rekabet gücünü güçlendirmektedir.
Arslan vd. (2025)	Akıllı Tedarik Zinciri Yönetimi; Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi	TOPSIS ve bulanık TOPSIS Yöntemi	Bulanık TOPSIS ve aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemleri, sürdürülebilir ve akıllı teknoloji tedarikçisi seçim sürecinde kullanılması gereken en uygun yöntemlerdendir.

Tablo 1 incelendiğinde, Türkçe literatürde akıllı TZY'ye yönelik gerçekleştirilen toplam 8 çalışmanın 4'ünün derleme, 4'ünün ise araştırma makalesi niteliğinde olduğu görülmektedir. Ayrıca araştırma makalelerinden birinde nitel araştırma yöntemlerinden (örn. sistematik literatür taraması) yararlanıldığı, diğer üç çalışmanın ise nicel yöntemler kullanılarak literatüre katkı sunduğu görülmüştür. Çalışmaların genelinde, Akıllı TZY kavramına ilişkin açıklamaların yanı sıra Endüstri 4.0 kapsamındaki güncel gelişmelere de yer verildiği tespit edilmiştir. Bu bulgu, Türkçe alanyazında Akıllı TZY konusunun henüz olgunluk düzeyine erişmediğine, çalışmaların büyük ölçüde tanımlayıcı ve derleme niteliğinde kaldığına işaret etmektedir. Özellikle nicel yöntemlerin (örn. TOPSIS, matematiksel modelleme) sınırlı sayıda çalışmada kullanılması, alanın ampirik temellendirme açısından hâlâ gelişime açık olduğunu

göstermektedir; bu durum, uluslararası literatürdeki nicel ve karma yöntem ağırlıklı eğilimle (bkz. Tablo 3) belirgin bir tezat oluşturmaktadır.

3. OTONOM KARAR SİSTEMLERİ

Akıllı TZY ve otonom karar sistemleri kavramları literatürde sıklıkla iç içe kullanılsa da, aralarında hiyerarşik bir ilişki bulunmaktadır. Akıllı TZY, dijital teknolojilerin (yapay zekâ, IoT, büyük veri vb.) tedarik zinciri süreçlerine entegre edilmesiyle ortaya çıkan daha geniş kapsamlı bir dönüşümü ifade ederken; otonom karar sistemleri, bu dönüşümün karar alma boyutunda insan müdahalesini en aza indiren, veriye dayalı ve kendi kendine öğrenebilen alt bileşenini oluşturmaktadır (Rosin vd., 2021). Bir başka ifadeyle, her otonom karar sistemi akıllı TZY'nin bir parçası olmakla birlikte, akıllı TZY yalnızca otonom karar sistemlerinden ibaret değildir; kapsamı depo otomasyonu, izlenebilirlik ve dijital ikiz uygulamaları gibi başka bileşenleri de içermektedir (Wu vd., 2016).

Tedarik zincirleri küreselleştikçe, karmaşıklık ve belirsizlik seviyesi artmaktadır; bu nedenle, dünya genelindeki organizasyonlar, tedarik zinciri süreçlerini geliştirmek için otonom, yapay zekâ destekli sistemlere yatırım yapmaktadır. Otonom sistemler ve süreç otomasyonu dahil olmak üzere yapay zekâ ile desteklenen teknolojiler, iletişimi ve iş akışı verimliliğini artırarak tedarik zinciri yeniliğini ilerletmektedir (Xu vd., 2024, s. 2).

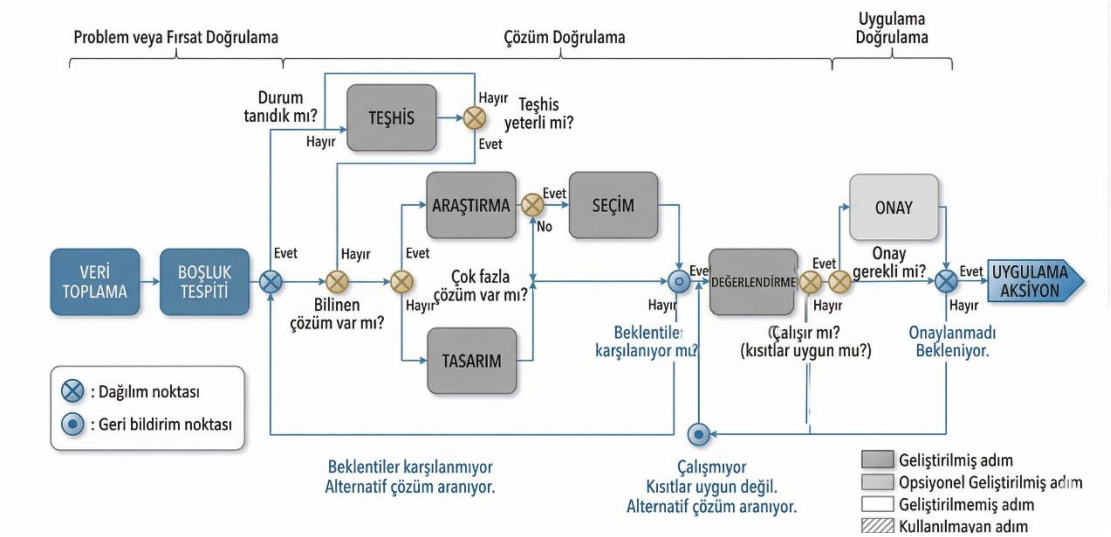
Yapay zekâ; otomasyon, büyük veri analitiği ve gelişmiş karar verme yöntemleriyle birlikte TZY'yi dönüştürmüştür (Abu-Alhaija vd., 2025; Dalain vd., 2025). Yapay zekâ araçları aynı anda milyonlarca veriyi işleyebilme yeteneğine sahip olduğundan, TZY'deki etkin olmayan süreçleri tespit edebilme ve mevcut envanteri daha etkili bir şekilde yönetebilme becerisine sahiptir. Sayısal yöntemlere dayalı öngörü ve karar alma, yapay zekânın temel katkılarındandır. Yapay zekâ destekli teknolojilerin tedarik zinciri inovasyonunu ilerlettiği farklı çalışmalarda da vurgulanmaktadır (Ghobakhloo vd., 2025; Mawahreh vd., 2025). Bu teknolojiler insan hatasını en aza indirmekte, karar verme süreçlerini hızlandırmakta ve verimliliği artırmaktadır. Yapay zekâ aynı zamanda verimliliğin, uyarlanabilirliğin ve esnekliğin yanı sıra TZY'nin dijitalleşmesinin de temel etkenlerinden biridir.

Bu bağlamda otonom karar sistemleri; insan müdahalesi olmadan verileri analiz eden (Mohsen, 2023; Riahi vd., 2021), bu analizler doğrultusunda kararlar alabilen, yapay zekâ, makine öğrenmesi ve robotik boyutlarından oluşan (Dash vd., 2019; Hallikas vd., 2021) ileri düzey bir teknolojidir (Senapati vd., 2024). Robotik Süreç Otomasyonu (Robotic Process Automation-RPA) ise otonom karar sistemlerinin robotik boyutunu oluşturan bir diğer teknolojidir. RPA, depoya gelen siparişleri işlemek, fatura doğrulama, ürün kaydı ve veri işleme gibi tedarik zincirindeki rutin ve geleneksel usullerle yapılan görevleri yazılım robotlarına dağıtmayı içeren bir sistemdir; bu sistem süreçleri kolaylaştırmakta, hataları azaltmakta ve verimliliği artırmaktadır (Chakraborty vd., 2023).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda TZY'deki uygulamaların artık otonom sistemlere geçtiğinin önemle vurgulanması (Baldea vd., 2025), yapay zekâ ve makine öğrenmesi alanındaki ilerlemeleri yansıtmaktadır (Xu vd., 2021). Literatüre bakıldığında bu ileri düzey işletim sistemlerini tanımlamak için birçok terimin kullanıldığı; bunların arasında "ajanlar" (Boyko vd., 2017), "otonom tedarik zincirleri" (Xu, Mak, Minaricova, vd., 2024), "kendi düşünen tedarik zincirleri" (Calatayud vd., 2019) gibi terimlerin yer aldığı görülmektedir. Bu farklılıklara rağmen tüm bu terimler dinamik ortamlarda tedarik zinciri hedeflerine ulaşabilmek için otonom olarak çalışan akıllı teknolojilerde birleşmektedir (Condé & Münch, 2025).

Rosin vd. (2021), Porter ve Heppelmann'ın (2015) çalışmasından esinlenerek otonom karar sistemlerini yedi farklı boyutta incelemiş; bu incelemeyi otonom karar sistemlerinin tedarik zincirindeki etkilerini anlamak ve uygulayıcılar ile karar vericilere bir model önermek amacıyla gerçekleştirmiştir. Rosin vd. (2021) çalışmasındaki yedi otonom karar sistemi boyutunun en sonuncusu "siber özerklik" olarak adlandırılmıştır (Şekil 1). Çalışmada ele alınan yedi boyutun her biri, bir öncekinin geliştirilmiş hâlini tanımlamaktadır. Buradaki amaç, karar verme süreçlerini daha kontrollü, güvenli ve izlenebilir hâle getirmektir.

Şekil 1. Otonom Karar Sistemlerinde Karar Verme Süreci (Siber Özerklik)



Kaynak: Rosin vd., 2021: 508.

Şekil 1'e bakıldığında son boyutla vurgulanmak istenen nokta, sistemin tamamen kendi başına çalışan bir yapıdan ibaret olmadığı, insan emeğinin tamamen devre dışı bırakılmadığı ve her "dağılım noktası" aşamasında "onay" gerektiğidir. "Siber Özerklik türü, Özelleştirilmiş Karar Destek türüne dayanmaktadır ve Yetkilendirme adımının geliştirilmesi eklenmiştir. Bu durumda, Siber Kontrol türünde olduğu gibi, hiçbir adım insan kullanıcılar tarafından yardım

almadan gerçekleştirilmez." (Rosin vd., 2021). Bu doğrudan alıntıdan da anlaşıldığı üzere, günümüzde kullanılan otonom karar sistemlerinin insansız biçimde değil, insan desteğine bağlı olarak işlediği vurgulanmaktadır.

4. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

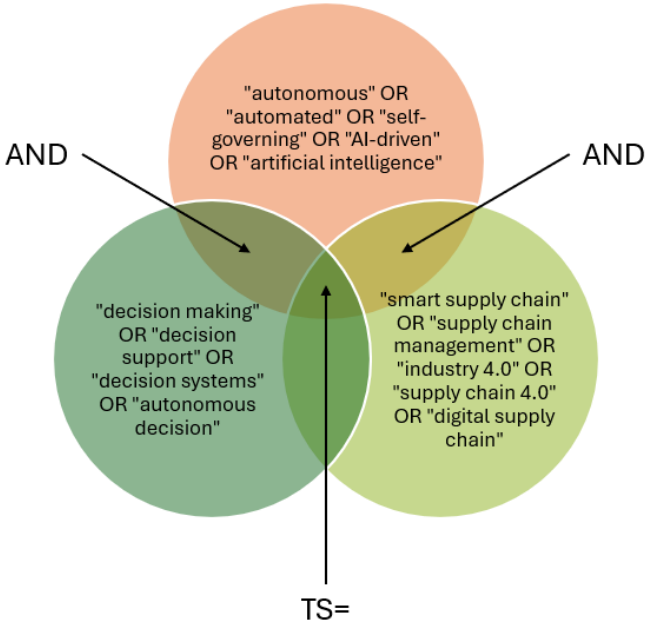
Bu çalışmanın amacı, Endüstri 4.0 kapsamında ortaya çıkan otonom karar sistemlerini ve bu sistemlerin akıllı TZY üzerindeki etkilerini incelemektir. Bibliyometrik analiz yöntemi, geniş bir zaman aralığına yayılan çok sayıda çalışmanın nicel göstergeler (yayın sayısı, atıf sayısı, iş birliği ağları vb.) aracılığıyla sistematik ve tekrarlanabilir biçimde değerlendirilmesine imkân tanıması nedeniyle bu araştırmada tercih edilmiştir (Donthu vd., 2021). Özellikle otonom karar sistemleri gibi disiplinler arası ve hızla gelişen bir alanda, geleneksel literatür taramasının aksine bibliyometrik analiz, alanın büyüklüğünü, gelişim eğilimini ve öne çıkan araştırma eksenlerini nesnel bir biçimde ortaya koyabilmektedir. Belirlenen amaç doğrultusunda Clarivate Web of Science (WoS) veri tabanında; "autonomous", "automated", "self-governing", "AI-driven" ve "artificial intelligence" kavramları ile "decision making", "decision support", "decision systems", "autonomous decision" ve "smart supply chain", "supply chain management", "industry 4.0", "supply chain 4.0", "digital supply chain" anahtar kelimeleri kullanılarak literatür taraması gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Kullanılan anahtar kelimeler, alanyazındaki temel referans çalışmalar (Xu vd., 2024; Rosin vd., 2021; Sharma vd., 2022) taranarak bu çalışmalarda sıklıkla birlikte kullanılan terimler esas alınarak belirlenmiştir.

Literatür taraması 2025 yılı Aralık ayı içerisinde gerçekleştirilmiş olup, tarama sürecinde WoS'un "Core Collection" indeksleri (SCI-Expanded, SSCI, ESCI) esas alınmıştır. Tarama sonucunda toplam 1602 yayına ulaşılmıştır. Ardından eliminasyon aşamasında sırasıyla; yayın türü olarak yalnızca "article" kategorisindeki çalışmalar dikkate alınmış, dil kriteri olarak İngilizce yayımlanan çalışmalar kapsama dahil edilmiş, alan (Web of Science Category) filtresinde ise "engineering", "computer science", "business economics", "automation control systems" ve "transportation" alanları seçilmiştir. Bu aşamaların sonucunda inceleme kapsamına 746 çalışma dahil edilmiştir. Son aşamada, RStudio 2025.05.1 + 513 sürümünde çalışan "biblioshiny" yazılım aracı kullanılarak 746 çalışma farklı açılardan incelenmiştir.

Çalışmada, nitel ve nicel verilerin aynı araştırma problemine farklı açılardan yanıt verecek biçimde bir arada kullanıldığı karma yöntem yaklaşımı benimsenmiş ve yakınsayan paralel desen esas alınmıştır (Creswell ve Plano Clark, 2018). Bu desende nitel ve nicel veriler birbirinden bağımsız olarak, eş zamanlı biçimde toplanıp çözümlenmekte; iki veri setinden elde edilen bulgular ise yorumlama aşamasında karşılaştırılarak bütünleştirilmektedir. Desenin tercih edilmesinde, incelenen iki literatürün nicelik ve nitelik bakımından farklı özellikler taşıması belirleyici olmuştur. Uluslararası literatürün yüzlerce yayına ulaşan hacmi, alanın gelişim eğilimlerinin ve kavramsal yapısının nicel göstergeler ve ağ temelli haritalama teknikleriyle ortaya konulmasını gerekli kılmaktadır. Buna karşın Türkçe alanyazında belirlenen

ölçütleri karşılayan çalışma sayısı, bibliyometrik göstergelerin anlamlı biçimde hesaplanmasına olanak tanımayacak ölçüde sınırlıdır; bu nedenle söz konusu çalışmaların araştırma ekseni, yöntem ve katkı boyutlarında ayrıntılı olarak incelenmesi daha uygun bir yol olarak değerlendirilmiştir.

Şekil 2. WOS Arama Motorunda Kullanılan Kelime Kodu



Kaynak: Yazar Tarafından Oluşturulmuştur.

Bilimsel alan haritalama kapsamında Şekil 7 ve Şekil 8'de sunulan eş-oluşum analizleri, biblioshiny arayüzünün dayandığı bibliometrix paketi (Aria ve Cuccurullo, 2017) aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 7'deki ağ, çalışmaların özet kısımlarından elde edilen terimler üzerinden; Şekil 8'deki ağ ise yazarların belirlediği anahtar kelimeler (Author's Keywords) üzerinden oluşturulmuştur. Özet metinlerinin çözümlenmesinde yazılımın standart İngilizce durdurma sözcükleri listesi uygulanmış, eş anlamlı terimlerin birleştirilmesine yönelik ek bir sözlük kullanılmamıştır. Her iki ağda da en sık geçen 50 terim düğüm olarak alınmış, birlikte geçme sıklıkları ilişki gücü yöntemiyle normalleştirilmiştir (Van Eck ve Waltman, 2009). Kümelerin belirlenmesinde rastgele yürüyüş temelli Walktrap algoritması kullanılmış (Pons ve Latapy, 2006), birlikte geçme sıklığı ikinin altında kalan bağlantılar ile yalıtılmış düğümler görselleştirmeden çıkarılmıştır. Ağlarda düğüm büyüklüğü terimin toplam geçme sıklığını, bağlantı kalınlığı iki terimin birlikte geçme yoğunluğunu, renkler ise algoritma tarafından belirlenen kümeleri göstermektedir. Parametrelerin bu biçimde raporlanması, analizlerin aynı veri seti ve yazılım sürümüyle yeniden üretilebilmesine olanak tanımaktadır.

Veri setinin 746 çalışmalık kapsamının korunmasının yöntemsel açıdan uygun olup olmadığını sınamak amacıyla, ağ temelli göstergelerin veri seti büyüklüğüne duyarlılığı alt

örnekleme analiziyle incelenmiştir. Bibliyometrik göstergelerin kararlılığının örneklem büyüklüğüne bağlı olduğunu ortaya koyan çalışmalar (Rogers vd., 2020; Chen vd., 2025) bu analizin yöntemsel dayanağını oluşturmaktadır. Analizde 746 çalışmalık veri setinden iadesiz rastgele örnekleme yoluyla 300 belgelik alt örneklemler çekilmiş ve bu işlem 100 kez yinelenmiştir. Alt örneklem büyüklüğü, anahtar kelime setinin daraltılması durumunda ulaşılabilecek veri seti büyüklüğüne yakın olacak biçimde belirlenmiştir. Her yinelemede eş-oluşum ağı, yukarıda açıklanan normalleştirme ve kümeleme parametreleri korunarak yeniden oluşturulmuştur. Ağ büyüklüğünün veri seti ölçeğine bağlı değişimini izleyebilmek amacıyla bu aşamada sabit bir düğüm sayısı yerine, tam veri setinde 100 düğümlük bir ağ üreten asgari geçme sıklığı eşiği tüm alt örneklemlerde sabit tutulmuş; her yinelemede bu eşiği karşılayan düğüm sayısı ile en az iki yayına sahip yazar sayısı kaydedilmiştir. Elde edilen değerlerin 100 yineleme üzerinden ortalaması alınarak tam veri setine ait değerlerle karşılaştırılmıştır.

Analizin tamamlayıcı aşamasında, anahtar kelime setinin daraltılmasının olası etkisini doğrudan gözlemleyebilmek amacıyla tedarik zinciri terimleri ile otonom karar terimlerinin aynı kayıtta birlikte bulunmasını koşul olarak arayan daraltılmış bir sorgu, veri toplama aşamasında uygulanan filtrelerle WoS'ta yeniden çalıştırılmıştır. Daraltılmış sorgudan elde edilen veri seti; belge sayısı, toplam atıf içindeki payı ve mevcut veri setinde en çok atıf alan 20 çalışmayı kapsama oranı bakımından mevcut veri setiyle karşılaştırılmıştır. Alt örnekleme işlemleri R ortamında bibliometrix paketiyle yürütülmüş olup analiz sonuçları ve bu sonuçların veri setinin kapsamına ilişkin karara etkisi Tartışma ve Kısıtlar bölümünde değerlendirilmiştir.

5. BULGULAR

Bibliyometrik analiz yöntembilimi temel olarak iki bütünleyici boyuttan oluşmaktadır: performans analizi ve bilimsel alan haritalama (Donthu vd., 2021). Performans analizi, yazar, kurum, ülke ve dergi düzeyinde üretkenlik ve atıf göstergelerini ortaya koyarken; bilimsel alan haritalama eş-yazarlık, eş-atıf, bibliyografik eşleşme ve eş-kelime analizleri aracılığıyla literatürün kavramsal ve sosyal yapısını görselleştirmektedir.

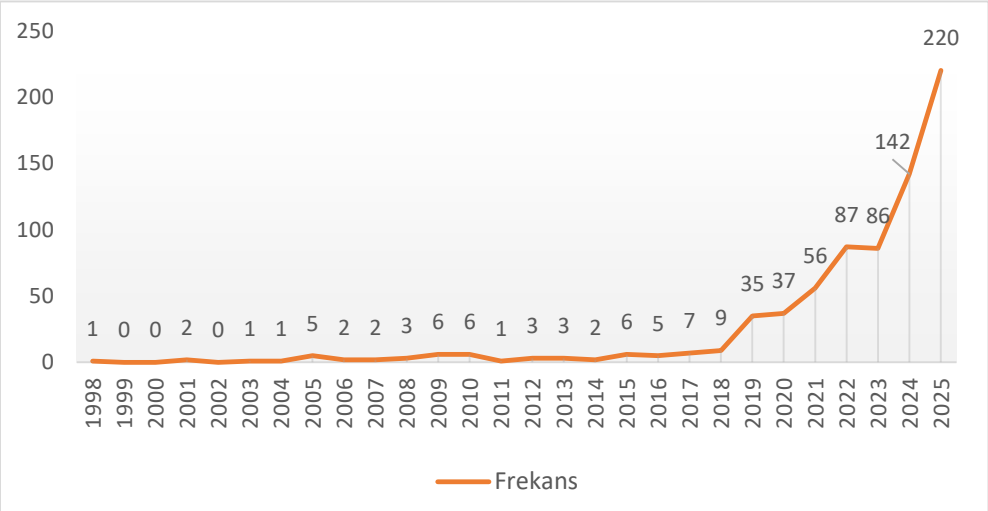
İzleyen paragraflarda, değerlendirme kapsamına alınan 746 araştırma makalesinin yıllara göre dağılımı, bu çalışmalara yapılan atıf sayıları ve söz konusu çalışmaların ağırlıklı olarak hangi kaynaklardan elde edildiği incelenmiştir. Otonom karar sistemleri ve akıllı TZY bağlamında yapılmış çalışmaların yıllar bazında sergilediği seyir Şekil 3'teki gibi sunulmuştur.

Şekil 3'ten de görüldüğü üzere, bibliyometrik analizin amacı ve araştırmanın konusu kapsamındaki çalışmalar 1998 yılında başlamıştır. Swaminathan vd. (1998) tarafından kaleme alınan çalışmada, her geçen gün artan müşteri beklentilerinin küresel ekonomide yarattığı karmaşıklıklar bağlamında, tedarik zinciri süreçlerinde gerçekleştirilmesi gereken optimizasyonlara ilişkin görüşler sunulmaktadır. Bu noktada belirtmek gerekir ki, tarama sonuçlarının 1998 yılına kadar uzanması kavramsal tutarlılık açısından bir sınırlılık

oluşturmaktadır; zira Endüstri 4.0 paradigmasının milat kabul edilen başlangıcı 2011 yılıdır (Bibby ve Dehe, 2018). Bu çalışmada, alanın tarihsel gelişimini bütüncül olarak yansıtabilmek amacıyla 1998-2025 aralığı korunmuş, ancak yorumlamalar ağırlıklı olarak 2011 sonrası döneme odaklanmıştır; gelecek çalışmalarda taramanın 2011 yılı başlangıç alınarak tekrarlanması önerilmektedir.

Analiz sonuçları (Şekil 3), 1998 yılından itibaren yayımlanan çalışmaların 2015 yılına kadar durgun bir seyir izlediğini yansıtmaktadır. Söz konusu yıllarda yapılan çalışmalar, doğrudan otonom karar sistemleri ve akıllı TZY'ye odaklanmaktan ziyade daha çok temel karar verme modelleri (Schneeweiss, 2003) ve problem çözme tekniklerine dayalı etkinlik ve verimlilik ölçümü çalışmalarıdır (Piramuthu, 2005). Bu durumun temel nedeni, söz konusu dönemdeki teknolojik yetkinliğin 2011 ve sonrasındaki düzeyin gerisinde kalmasıdır.

Şekil 3. Çalışmaların Yıllar Bazında Dağılımı



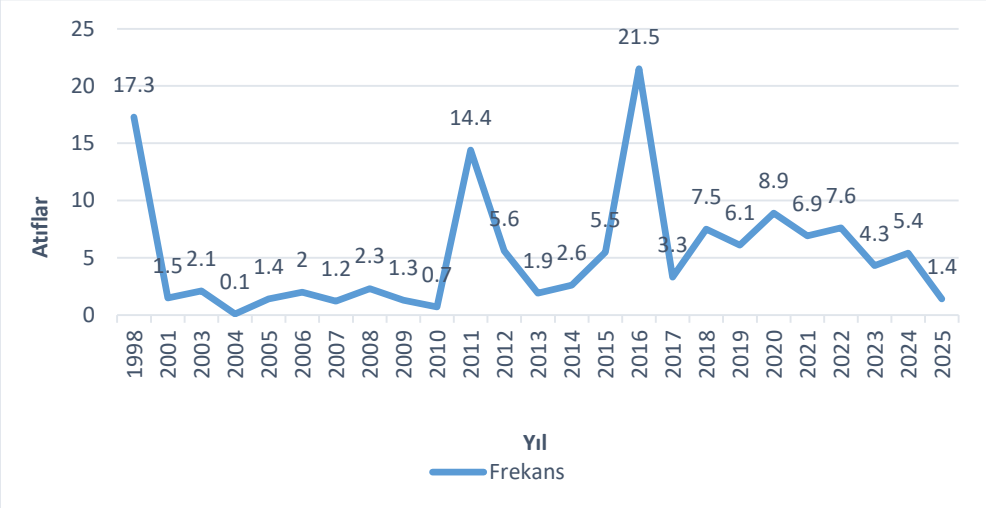
Literatürdeki çalışmaların en belirgin ivmesi ise 2019 yılından itibaren görülmektedir (Şekil 3). 2019 yılında 35 olan yıllık yayın sayısı, 2025 yılı sonunda 220'ye ulaşmıştır. Bu eğilim, Endüstri 4.0'ın başladığı 2011 yılından sonra akıllı TZY, yapay zekâ, blok zincir, otonom sistemler ve karar destek sistemleri üzerine araştırma alanının genişlemeye başladığını ve sonraki yıllarda giderek daha fazla ilgi gördüğünü göstermektedir.

Bulguları daha açıklayıcı biçimde sunabilmek ve araştırma alanına yönelik artan ilginin nedenini anlayabilmek amacıyla 2019 yılında yayımlanan ve aynı yıl en çok atıf alan yayınlar arasından seçilen üç çalışma ayrıca incelenmiştir. Bunlardan 322 atıf alan Muhuri vd. (2019) araştırmasında Endüstri 4.0 bağlamında yapılan çalışmalara yönelik kapsamlı bir bibliyometrik analiz gerçekleştirilmiştir.

149 atıf alan Calatayud vd. (2019) çalışması, nesnelerin interneti ve yapay zekânın otonom karar verici bir sistem kurabilmesinin nedenlerini araştırarak "kendi kendine düşünen

tedarik zinciri" adlı yeni bir kavramsal çerçeve önermiştir. 137 atıf alan Ansari vd. (2019) çalışmasının literatüre temel katkısı ise öneri ve karar destek sistemlerine yönelik bir model geliştirmesidir.

Şekil 4. Çalışmalara Gelen Yıllık Ortalama Atıf Sayısı



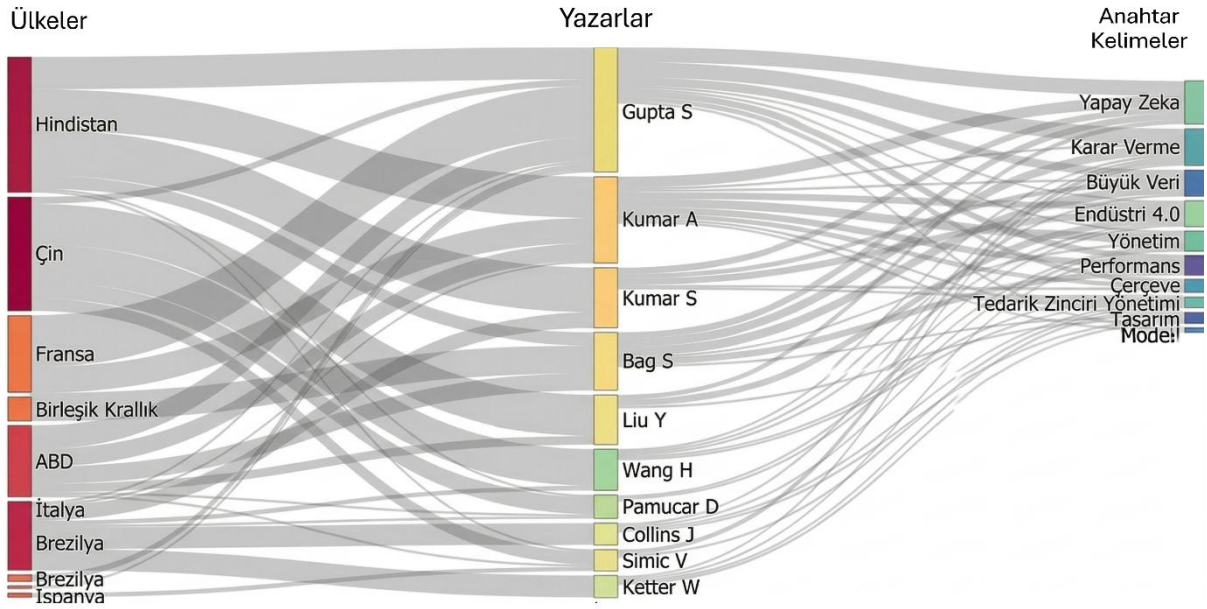
Çalışmaların aldığı ortalama atıflara bakıldığında (Şekil 4), 1998, 2011 ve 2016 yıllarında oldukça belirgin yükselişler görülmektedir. Bu yükselişler, başlangıç döneminde araştırma alanının temel karar verme modellerine yoğunlaşmasıyla (Piramuthu, 2005; Schneeweiss, 2003; Swaminathan vd., 1998) ve 2011 yılında Hannover Fuarı'nda yeni teknolojilerin tanıtılmasıyla başlayan endüstriyel devrimin (Bibby ve Dehe, 2018; Gedik, 2021) 2015 yılından itibaren entegrasyon ve yayılım dönemine girmesiyle açıklanabilir. Şekil 4'teki bulgular, çalışmaların yıllara göre dağılımına ilişkin bulgularla da (Şekil 3) örtüşmekte ve 2015 yılından itibaren gözlenen artışı desteklemektedir.

Tablo 2: Makale Yayın Sayısına Göre İlk Onluktaki Kaynaklar

Kaynaklar	Makale Sayısı
IEEE Access	47
Engineering Applications of Artificial Intelligence	35
International Journal of Production Research	25
Applied Sciences-Basel	16
Sensors	16
Computers & Industrial Engineering	15
International Journal of Advanced Manufacturing Technology	14
Journal of Industrial Information Integration	12
Decision Support Systems	11
International Journal of Production Economics	11

Tablo 2, incelenen veri setinde en fazla makalenin yayımlandığı ilk on kaynağı ve bu kaynaklardaki makale sayılarını yansıtmaktadır. Önde gelen kaynaklardan; "IEEE Access", temel ilgi alanı teknoloji araştırmaları olan Scopus ve Web of Science (WOS) dizinli multidisipliner bir dergidir (IEEE Access, 2026). "Engineering Applications of Artificial Intelligence" dergisi ise, yayım odağı nesnelerin interneti, akıllı ulaşım sistemleri, karar destek sistemleri üzerinedir ve Scopus dizinlidir (Science Direct, 2026). Bu durum, incelenen araştırma alanlarında özellikle mühendislik ve bilişim temelli yaklaşımların literatürde belirgin olduğunu yansıtmaktadır.

Şekil 5: Ülkeler, Yazarlar ve Anahtar Kelimeler Arasındaki Üç Alan Grafiği



Şekil 5'te verilen üç alan grafiğinde, literatürdeki çalışmaların çıktığı ülkeler, üretken yazarlar ve anahtar kelimeler arasındaki bağlantı görülmektedir. Ülkeler bağlamında bakıldığında Hindistan, Çin ve ABD en yoğun bağlantıya sahip ülkeler arasında yer almaktadır. Çalışmalarda en çok geçen anahtar kelimeler yapay zekâ, karar verme, büyük veri ve Endüstri 4.0'dır. Öne çıkan anahtar kelimelerin araştırmanın amacıyla örtüşmesi, veri setinin doğru bir çerçevede oluşturulduğuna işaret etmektedir.

Çalışmaların yıllara göre dağılımı ve yıllık ortalama atıf sayıları incelendiğinde, bazı çalışmaların belirli özellikleri itibarıyla öne çıktığı görülmektedir (bkz. Şekil 3 ve Şekil 4). Elde edilen bulguların Tablo 3 ile tutarlı olduğu anlaşılmakta olup, daha önce incelenen Swaminathan vd. (1998) çalışmasının söz konusu tabloda da en çok atıf alan çalışmalar arasında yer aldığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Muhuri vd. (2019) çalışmasının da tabloda yer alması ve 2019 yılı itibarıyla hem ortalama atıf oranlarının yüksekliği hem de bu

yıldan sonra literatürde gözlemlenen hızlı artış eğilimi ile örtüşmesi, bibliyometrik analiz bulgularının güvenilirliğini desteklemektedir.

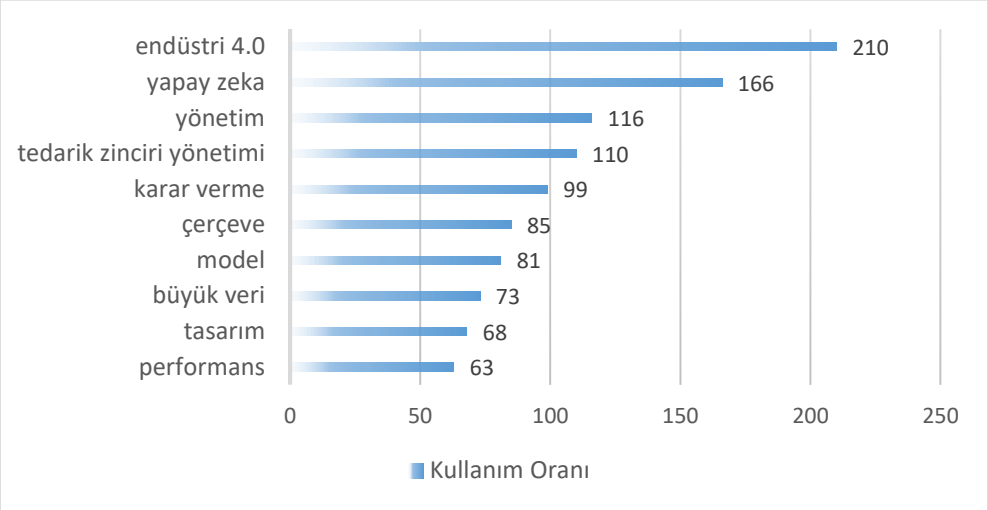
Tablo 3: Küresel Ölçekte En Fazla Atıf Alan İlk Onluktaki Çalışmalar

Kaynaklar	Toplam Aldığı Atıf	Yıllık Ortalama Atıf Sayısı	Normalize Edilmiş Toplam Atıf Sayısı
Wang vd. (2016)	870	79,09	3,67
Swaminathan vd. (1998)	502	17,31	1,00
Hao vd. (2020)	431	61,57	6,90
Muhuri vd. (2019)	322	40,25	6,58
Zhou vd. (2020)	281	40,14	4,50
Yadav ve Singh, (2020)	253	36,14	4,05
Javaid vd. (2022)	237	47,40	6,24
Xu (2011)	231	14,44	1,00
Bag vd. (2021)	230	38,33	5,55
Roßmann vd. (2018)	211	23,44	3,13

Wang vd. (2016) ve Bag vd. (2021) çalışmalarının yazarları, hem üç alan grafiğindeki üretken yazarlar arasında hem de Tablo 3'teki en fazla atıf alan çalışmalar arasında yer almaktadır. 870 atıfla en çok atıf alan Wang vd. (2016) çalışması, fabrika ve depolarda kullanılması öngörülen otonom karar alma ve iş bölümü yönetimi süreçlerine ilişkin bir model önermiştir. Model, büyük veri ve nesnelerin internetiyle çalışan yapay zekâ destekli bir sistemdir.

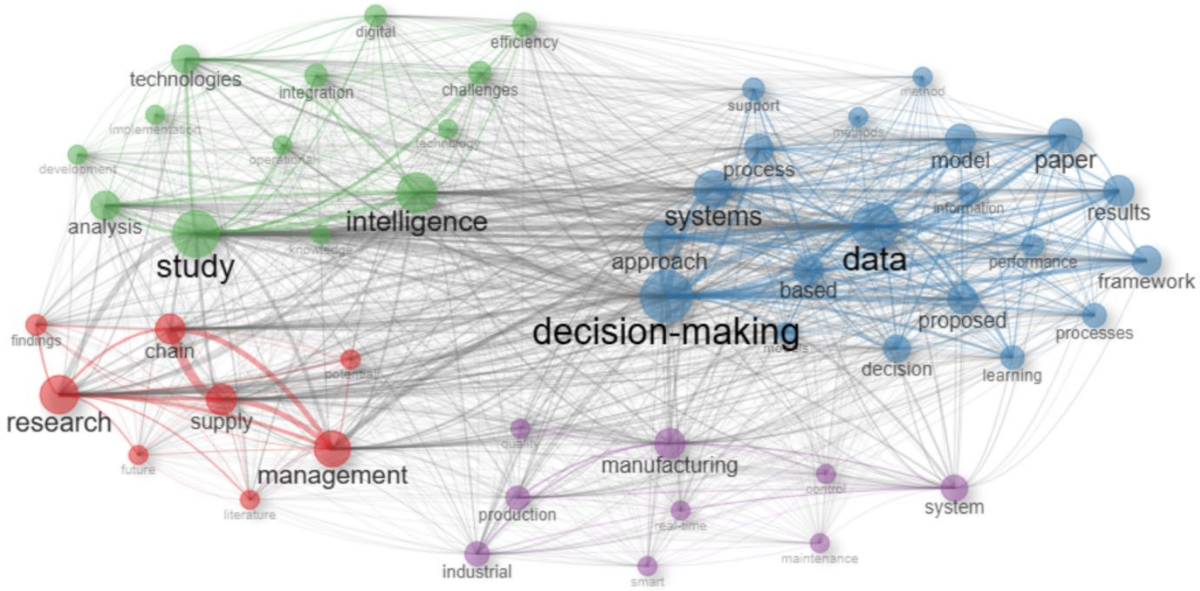
Zhou vd. (2020) çalışması (Tablo 3), üretim süreçlerini "kendi kendine düşünen" akıllı süreçlere dönüştürebilmek için yapay zekâ ve dijital ikiz birleşimine dayalı teorik bir çerçeve sunmaktadır. 281 atıf alan çalışma, çok disiplinli araştırma odağı nedeniyle önemli uygulamaya dönük katkılar sunmaktadır. Nitekim araştırmanın kavramsal çerçevesinin sunulduğu bölümlerde (bkz. Bölüm 2.1), literatürde kuramsal ve kavramsal açıklığın yetersiz kaldığı vurgulanmıştır. Bu tür çalışmalar, gelecekteki uygulamalar için kuramsal bir zemin oluşturarak literatürdeki söz konusu eksikliğin zamanla giderilmesine katkı sağlayabilir.

Şekil 6: En Fazla Kullanılan Anahtar Kelimeler ve Kullanım Oranları



Şekil 6'da sunulan grafik, çalışmalarda adı en fazla geçen anahtar kelimeleri ve bu kelimelerin kullanım oranlarını yansıtmaktadır. Beklendiği üzere "endüstri 4.0", "yapay zekâ", "yönetim", "tedarik zinciri yönetimi" ve "karar verme" kelimeleri kullanım oranlarına göre ön sıralarda yer almaktadır. Diğer anahtar kelimeler ise etkinlik ölçümü üzerine yapılan çalışmalardan (örneğin "performans"), araştırma sonucunda belirli model veya kavramsal çerçeve sunan çalışmalardan (örneğin "model", "çerçeve") çıkan sonuçlara işaret etmektedir.

Şekil 7: Çalışmaların Özetlerine Yönelik Eş-oluşum Ağı

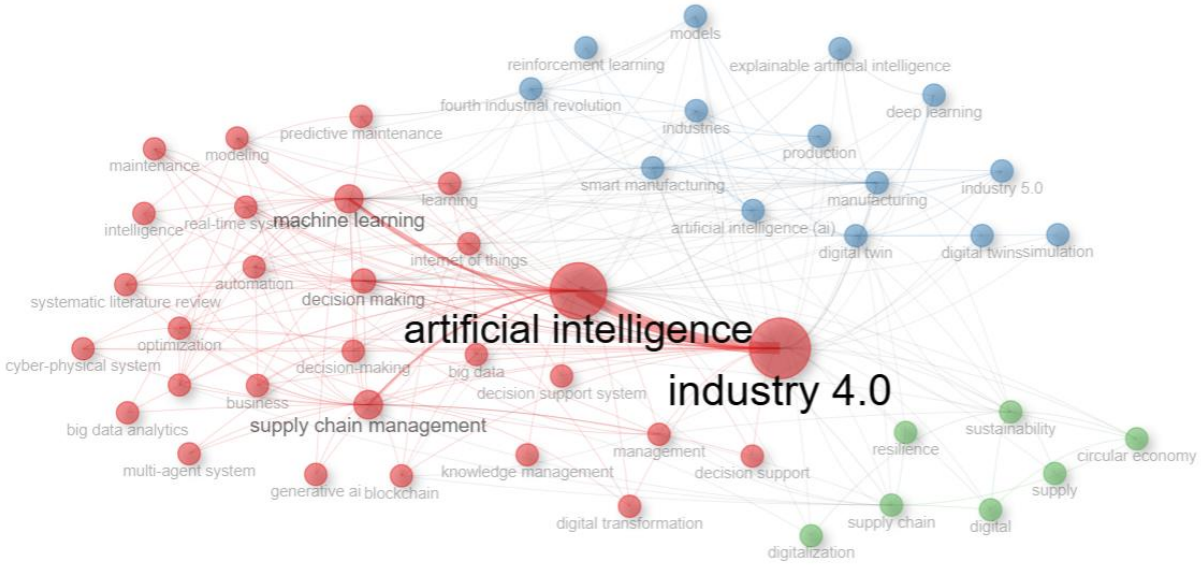


Çalışma kapsamında incelenen 746 makalenin kavramsal yapısını ve tematik ilişkilerini çözümlemek amacıyla bilimsel alan haritalaması tekniklerinden yararlanılmıştır.

Bu doğrultuda ilk olarak Şekil 7'de sunulan özet metinlerine yönelik birlikte kullanım ağı incelenmiştir. Analiz sonuçları, literatürün dört temel eksende kümelendiğini ortaya koymaktadır: veri, algoritmik modeller ve metodolojik yaklaşımları içeren mavi küme; yapay zekâ teknolojilerinin operasyonel entegrasyonunu ve etkinlik arayışını yansıtan yeşil küme; stratejik TZY alanyazınını temsil eden kırmızı küme ve akıllı üretim ile gerçek zamanlı bakım uygulamalarını içeren mor küme.

Ağın merkezinde konumlanan karar verme kavramının veri mimarileri ile operasyonel yönetim arasında stratejik bir köprü niteliğinde görülmesi; söz konusu kavramın Şekil 6'da sunulan anahtar kelime frekans analizinde 99 kez yinelenerek en yüksek kullanım oranına sahip öncelikli temalardan biri olarak öne çıkması bulgusuyla da tutarlılık göstermektedir.

Şekil 8: Yazarların Anahtar Kelimelerine Yönelik Eş-oluşum Ağı



Yazarların belirlediği anahtar kelimelere dayalı olarak türetilen Şekil 8'deki eş-oluşum ağı ise söz konusu tematik dağılımı doğrulamakta ve teknik derinliğini artırmaktadır. Ağda en güçlü bağ "yapay zekâ" ile "endüstri 4.0" arasında kurulmuş olup, bu düğüm doğrudan "tedarik zinciri yönetimi" ve "makine öğrenmesi" düğümleriyle birleşmektedir. Blok zincir ve üretken yapay zekâ düğümleri, otonom kararların şeffaflık ve ileri analitik boyutlarına evrildiğine işaret etmektedir. Mavi kümede yer alan dijital ikiz, pekiştirmeli öğrenme ve açıklanabilir yapay zekâ kavramları, otonom sistemlerin karar süreçlerini "nasıl" dönüştürdüğünü somutlaştırmaktadır.

Şekil 9: Çalışmalarda Geçen Tüm Anahtar Kelimelere İlişkin Kelime Bulutu Analizi



Son olarak, çalışmalarda kullanılan tüm kelimelerden oluşan bir kelime bulutu incelenmiştir (Şekil 9). Kelime bulutunda belirgin şekilde öne çıkan kelimeler "endüstri 4.0", "yapay zekâ", "tedarik zinciri yönetimi" ve "karar verme"dir. Kelime bulutuna ait bulgular da, Şekil 6'daki sık kullanılan anahtar kelimeler ile örtüşmekte, bibliyometrik analiz çalışmasının temel araştırma hattıyla uyum sergilemektedir.

Kelime bulutu, literatürün tedarik zinciri yönetimindeki değişiklikleri izah ederken sadece dördüncü sanayi devrimini tanımlamakla kalmadığını, bu devrimdeki temel etkenleri "yapay zekâ", "karar verme" ve "makine öğrenmesi" kavramları üzerinden öne çıkardığını ortaya koymaktadır. Bu durum, lojistik ve tedarik zincirinin uçtan uca dijitalleşmekte olduğunu, karar verme süreçlerinin teknolojiler sayesinde veri odaklı hale geldiğini göstermektedir.

Bulutun kenar kısımlarında yer alan "engeller", "sürdürülebilirlik", "etki", "entegrasyon" ve "gelecek" gibi kelimeler ise sektörlerde Endüstri 4.0 teknolojilerine tam uyumun henüz sağlanamadığına, bu alanda önümüzdeki yıllarda araştırmaların devam etmesi gerektiğine işaret edebilir. Literatür, araştırmacılara bu teknolojik yayılımın desteklenmesi, sürdürülebilir bir hale gelmesi için gelecek çalışmalara yönelik öneride bulunmaktadır.

6. TARTIŞMA VE KISITLAR

Veri setinin 746 çalışmadan oluşması, alanın çok katmanlı ve disiplinlerarası yapısının bütüncül biçimde ortaya konulabilmesi açısından önemli bir analitik derinlik sunmakta ve geleneksel tek disiplinli literatür taramalarına kıyasla daha geniş bir araştırma spektrumu sağlamaktadır. Bununla birlikte, veri setinin kapsamının genişliği bir sınırlılık olarak değerlendirilmemeli; aksine, otonom karar sistemlerinin algoritmik yapılardan fiziksel

tedarik ağlarına uzanan uçtan uca niteliğinin literatür düzeyinde yakalanabilmesine olanak sağlayan bir avantaj olarak ele alınmalıdır. Eş-oluşum ağlarında "decision-making" kavramının teknik modelleri temsil eden mavi küme ile lojistik yönetimi temsil eden kırmızı küme arasında merkezi bir bağlantı noktası oluşturması, 746 çalışmanın kavramsal ve anlamsal açıdan belirli bir bütünlük içerisinde konumlandığını ve farklı araştırma boyutları arasındaki ilişkilerin görünür kılındığını ortaya koymaktadır. Bu bulgu, aynı zamanda otonom karar verme alanında teknik ve yönetsel perspektifleri bütünleştiren mevcut araştırma yapısının ortaya konulmasına katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, gelecekte gerçekleştirilecek araştırmalarda, bu çalışmada belirlenen tematik kümelerin daha dar kapsamlı araştırma tasarımlarıyla ayrıntılı biçimde incelenmesi önerilmektedir. Örneğin, yalnızca gerçek zamanlı kestirimci bakım uygulamalarına veya blok zinciri tabanlı otonom akıllı sözleşmelere odaklanan çalışmalar, daha spesifik arama dizinleri ve ölçütleri kullanılarak bağımsız araştırma alanları çerçevesinde derinleştirilebilir.

Veri setinin 746 çalışmalık kapsamının korunmasının metodolojik uygunluğu, Araştırma Yöntemi bölümünde açıklanan alt örnekleme analiziyle veri seti üzerinde sınanmıştır. Bibliyometrik analiz geniş veri kümelerinin çözümlenmesi amacıyla geliştirilmiş bir yöntem olmakla birlikte (Donthu vd., 2021; Zupic ve Čater, 2015), göstergelerin kararlılığı veri seti ölçeğine duyarlıdır; alanyazında 200 yayının altındaki kümelerde gösterge varyansının analitik yorumu güçleştirdiği (Rogers vd., 2020), eş-oluşum ilişkilerine dayalı analizlerin ise diğer analiz türlerinden daha büyük veri setleri gerektirdiği (Chen vd., 2025; Leydesdorff ve Nerghes, 2017) rapor edilmektedir. Söz konusu 100 yinelemeli alt örnekleme analizinde, 300 belgelik alt örneklemlerde eş-oluşum ağının düğüm sayısı 100'den 35'e, en az iki yayına sahip yazar sayısı ise 161'den 39'a gerilemektedir. Alan sınırlandırmasına yönelik bir tercih olarak anahtar kelime setinin daraltılması (Zitt ve Bassecoulard, 2006) da benzer bir etki üretmekte; tedarik zinciri ve otonom karar terimlerinin birlikte bulunmasını koşullayan daraltılmış bir sorguda veri seti 304 belgeye inmekte, toplam atıfın %63,9'u kapsam dışında kalmakta ve en çok atıf alan 20 çalışmadan yalnızca beşi korunmaktadır. Bu ölçeklerde Şekil 7 ve Şekil 8'de sunulan ağ analizlerinin yorumlanabilir bir küme yapısı üretmesi mümkün olmadığından, çalışmada veri setinin daraltılması yerine mevcut kapsamın korunması tercih edilmiştir.

Elde edilen bulgular, uluslararası düzeyde önceki bibliyometrik çalışmalarla (örn. Muhuri vd., 2019; Riahi vd., 2021) büyük ölçüde örtüşmektedir; zira bu çalışmalar da Endüstri 4.0 ve yapay zekâ temelli araştırmaların 2015 sonrasında ivme kazandığını doğrulamaktadır. Ancak mevcut çalışma, önceki bibliyometrik araştırmalardan farklı olarak Türkiye özelindeki çalışmaları da karşılaştırmalı biçimde ele alması bakımından ayrışmaktadır; zira incelenen uluslararası bibliyometrik çalışmaların büyük çoğunluğu (örn. Muhuri vd., 2019) ulusal literatürleri kapsam dışında bırakmaktadır. Bulgular, Türkiye'deki çalışmaların ağırlıklı olarak derleme ve literatür taraması niteliğinde kalması bakımından da,

uluslararası literatürdeki nicel/karma yöntem ağırlıklı eğilimden (bkz. Tablo 3) ayrışmaktadır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, nitel literatür taraması ile nicel bibliyometrik analizin bir arada kullanıldığı karma yöntem deseni benimsenmiştir; nitel boyutta Türkçe alanyazındaki çalışmalar içerik analizi mantığıyla değerlendirilirken, nicel boyutta WoS veri tabanından elde edilen 746 çalışma performans göstergeleri üzerinden incelenmiştir. Bu bütünleşik yaklaşımla, otonom karar sistemlerinin ve bu teknolojinin kaynağı olan diğer Endüstri 4.0 uygulamalarının TZY'de nasıl bir çığır açtığı, yıllar boyunca bu inovasyonun hangi boyutlarda geliştiği, ayrıca akıllı TZY araştırma alanının bu süreçten nasıl etkilendiği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Giriş bölümünde formüle edilen araştırma sorularına ilişkin bulgular bu çerçevede özetlenebilir. AS1 kapsamında, otonom karar sistemleri ve akıllı TZY literatürünün 2015 yılına kadar durgun bir seyir izlediği, 2019 yılından itibaren ise belirgin bir ivme kazanarak 2019 yılındaki 35 yayından 2025 yılı sonunda 220 yayına ulaştığı belirlenmiştir; alanda IEEE Access ve Engineering Applications of Artificial Intelligence dergileri ile Hindistan, Çin ve ABD kaynaklı çalışmalar öne çıkmaktadır. AS2'ye yönelik bulgular, literatürün veri ve algoritmik modeller, yapay zekânın operasyonel entegrasyonu, stratejik TZY ile akıllı üretim ve gerçek zamanlı bakım eksenlerinde kümelendiğini ve karar verme kavramının bu kümeler arasında merkezi bir köprü işlevi gördüğünü ortaya koymuştur. AS3 bağlamında, Türkçe alanyazının ağırlıklı olarak derleme çalışmaları ve geleneksel çok kriterli karar verme yöntemleriyle sınırlı kaldığı, uluslararası literatürde ise simülasyon, derin öğrenme, pekiştirmeli öğrenme ve dijital ikiz temelli uygulamalı modellerin öne çıktığı görülmüştür. AS4 ise teknolojik uyum sürecindeki gecikmenin nedenleri, model önerileri ile sektörel uygulamalar arasındaki kopukluk, insan denetimini içeren hibrit karar modelleri ve ulusal bağlama özgü uygulamalı araştırmalar ekseninde yanıtlanmış olup bu boşluk alanları izleyen paragraflarda ayrıntılandırılmıştır.

Araştırmanın literatüre temel ve özgün katkısı, söz konusu teknolojik etkiyi ayrıntılı biçimde inceleyerek bulgular ve literatürden örneklerle açıklamasıdır. Çalışmanın Türkçe literatüre sağladığı yenilik ise otonom karar sistemleri, otonom tedarik zinciri ve akıllı TZY kavramlarını ayrıntılı biçimde açıklayarak bu kavramlara yönelik tanımlar önermesidir. Bu doğrultuda, çalışma kapsamında incelenen alanyazından hareketle akıllı TZY; dijital teknolojilerin (yapay zekâ, IoT, büyük veri, blok zincir vb.) tedarik zinciri süreçlerine entegre edilmesiyle ortaya çıkan, esnek, veri odaklı ve öngörü yeteneği yüksek bir tedarik zinciri yönetim yaklaşımı olarak; otonom karar sistemleri ise, insan müdahalesi olmaksızın veri toplayabilen, analiz edebilen ve belirli bir onay mekanizması dahilinde karar üretebilen, yapay zekâ ve makine öğrenmesi temelli ileri düzey teknolojiler olarak tanımlanmaktadır. Otonom tedarik zinciri ise otonom karar sistemlerinin tedarik ağının tüm katmanlarına

yayılmasıyla ulaşılan ve akıllı tedarik zincirinin en ileri gelişim aşamasını temsil eden hedef durum olarak konumlandırılmaktadır.

Dördüncü Sanayi Devrimi, ortaya çıktığı 2011 yılını izleyen dört yıl boyunca TZY alanındaki akademik çalışmaların odağında yer almamıştır. Bu devrimin teknolojik yenilikleri üzerine çalışmalar ağırlıklı olarak 2015 yılından itibaren yapılmaya başlanmış ve bu eğilim zamanla artmıştır. Eğilimdeki artışın temel sebebi ise teknolojik yeniliklere adaptasyon süreci olmuştur. Bu bulgudan hareketle gelecek araştırmalar için aşağıdaki soru önerilebilir.

- Tedarik Zinciri Yönetimi alanında farklı sektörlerin ve akademik araştırma alanlarının teknolojiye adaptasyon sürecinde yaşadığı gecikmenin temel etkenleri nelerdir?

Araştırmada elde edilen bulgular ışığında, literatürdeki çalışmaların yıllara göre dağılımı açıklanırken en çok atıf alan çalışmaların problem çözme tekniklerinden yola çıkan model önerileri olduğu vurgulanmıştır (bkz. Tablo 3). Bu bağlamda gelecek araştırmalar için aşağıdaki soru da önerilmektedir.

- Literatürde çok disiplinli araştırma alanlarına dayanan çalışmalar ile karar vericiler ve uygulayıcılar için geliştirilmiş model önerileri bulunmasına karşın, sektörel uygulamalarda büyük ölçekli sorunlar neden yaşanmaktadır?

Türkiye'de yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak literatür taramasına ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden TOPSIS'e dayanmaktadır. Çalışmalarda ağırlıklı olarak Endüstri 4.0 kapsamındaki güncel yeniliklerin anlatımına yer verildiği, akıllı TZY araştırma alanına dair verilen bilgilerin yüzeysel kaldığı sonucuna varılmıştır. Bu sonuç ışığında akıllı TZY araştırma alanına dair ilginin artacağı ve boşluk alanların doldurulacağı beklenmektedir. Bu çıkarımın yalnızca sekiz çalışmadan oluşan sınırlı bir örneklem üzerinden yapıldığı ve dolayısıyla temkinli yorumlanması gerektiği belirtilmelidir; daha kapsamlı ve genellenebilir sonuçlara ulaşılabilmesi için gelecekte daha geniş bir taramanın yapılması önerilmektedir.

Çalışmanın uygulayıcılara ve karar vericilere sunduğu temel katkı, otonom karar sistemlerinin tedarik zinciri süreçlerinde hangi noktalarda insan denetimine hâlâ ihtiyaç duyduğunu somut biçimde ortaya koyarak, işletmelerin dijital dönüşüm yatırımlarını gerçekçi bir çerçevede planlamalarına yardımcı olmasıdır. Teorik açıdan ise çalışma, akıllı tedarik zinciri, otonom tedarik zinciri ve otonom karar sistemleri arasındaki kavramsal sınırları netleştirerek gelecekteki araştırmalara kavramsal bir referans noktası sunmaktadır. Toplumsal düzeyde ise, tedarik zincirlerinin otonom sistemlerle dijitalleşmesinin, istihdam yapısı ve iş gücü niteliklerinde yaratacağı dönüşümün de ayrı bir araştırma gündemi olarak ele alınması gerektiği değerlendirilmektedir.

Otonom karar sistemleri ve akıllı TZY alanında gerçekleştirilen araştırmaların büyük ölçüde Hindistan, Çin ve ABD kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, araştırma

odağının ve ele alınan problemlerin belirli ülkelerle sınırlı kaldığını göstermektedir. Tedarik zincirlerinde karşılaşılan sorunlar ulusal bağlamda farklılık gösterebildiğinden, mevcut çalışmalardan elde edilen bulguların doğrudan Türkiye bağlamına genellenmesi yanıltıcı sonuçlara yol açabilmektedir.

Araştırma bulguları, otonom karar sistemlerinin tedarik zincirinin dijitalleşmesinde önemli bir etken olduğunu göstermiştir; bu sistem içerisinde yer alan RPA, nesnelerin interneti ve yapay zekâ destekli çalışan karar destek mekanizmalarının TZY süreçlerinde dijitalleşmeye yol açtığı sonucuna ulaşılmıştır. İncelenen çalışmalarda karar destek sistemlerinin yedi boyutta sınıflandırıldığı, ancak en gelişmiş boyutta bile insan desteğinin önemli bir unsur olmayı sürdürdüğü ifade edilmiştir. Bu durum, otonom karar sistemleri ne denli gelişmiş olursa olsun sürekli denetime tabi tutulmaları gerektiğini göstermektedir. Özellikle büyük ölçekli depo yönetim süreçlerine sahip lojistik işletmelerinde veri işleme sistemlerinden kaynaklanan hatalar veya küçük gecikmeler olumsuz bir kelebek etkisi doğurabilir; bu etki ilgili işletmeler için önlenmesi güç durumlara yol açabilir.

Literatürde gerçekleştirilen çalışmalar, karar süreçlerinin siber-fiziksel modeller kapsamında pekiştirmeli öğrenme yaklaşımlarıyla test edildiğini ve Rosin vd. (2021) tarafından ortaya konulan siber özerklik modeli örneğinde olduğu üzere, insan denetimini tamamen dışlamayan onaylı karar destek sistemlerine doğru evrildiğini göstermektedir. Bunun yanı sıra, incelenen 746 çalışmanın kavramsal dağılımı, akıllı tedarik zinciri yönetiminin (TZY) yalnızca lojistik süreçlerin dijitalleştirilmesiyle sınırlı olmadığını; çoklu ajan sistemleri ve nesnelerin interneti tabanlı modeller aracılığıyla tedarik kanallarının eş zamanlı olarak optimize edildiği bütünleşik bir ekosistem niteliği taşıdığını ortaya koymaktadır. Uluslararası alanyazında öne çıkan simülasyon, derin öğrenme ve dayanıklılık odaklı ampirik modelleme yaklaşımları (Şekil 8), Türkiye adresli çalışmaların ağırlıklı olarak kavramsal derlemeler ve geleneksel çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri (örn. TOPSIS) çerçevesinde yoğunlaştığına ilişkin bulgularla (bkz. Tablo 1) karşılaştırıldığında, belirgin bir farklılaşmaya işaret etmektedir. Bu bağlamda, ulusal alanyazının otonom karar sistemlerini kavramsal düzeyde tanımlamanın ötesine geçerek dijital ikiz uygulamaları, algoritmik karar modelleri ve tedarik zinciri dayanıklılığı ekseninde uygulamalı araştırmalara yönelmesi, öncelikli bir araştırma gereksinimi olarak ortaya çıkmaktadır.

Araştırmada karma yöntem benimsenerek hem geleneksel literatür taraması yöntemiyle Türkçe literatürdeki çalışmalara ulaşılmış hem de WoS veri tabanından toplanan veriler aracılığıyla çalışmalar nicel göstergeler bakımından değerlendirilmiştir. Uluslararası verilerin tek bir veri tabanından toplanması çalışmanın kısıtlarından birini oluşturmaktadır. Nitekim bibliyometrik analizde kullanılan yazılım paketi, “BibTex” formatındaki verileri daha kapsamlı ve güvenilir biçimde işleyebilmektedir. Verilerin yalnızca WoS üzerinden toplanmasının nedeni, diğer veri tabanlarından indirilen “BibTex” dosyalarının yazılımda

veri işleme hatalarına yol açmasıdır. Gelecek çalışmalarda bu durum göz önünde bulundurularak veya başka paket uygulamalar, yöntemler kullanılarak Scopus, Emerald vb. büyük ölçekli veri tabanları üzerinden de araştırma yapılarak bu boşluk doldurulabilir.

Son olarak bibliyometrik analiz bulguları, ileri düzey teknolojilerin yayılımına ve kullanımına ilişkin eğilimleri ortaya koymakta, bu sistemlerin olumlu ve olumsuz yönlerine dair kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Bu doğrultuda, gelecekte yapılacak çalışmaların farklı ülke ve sektörleri kapsayacak şekilde genişletilmesi, elde edilen bulguların genellenebilirliğini artıracaktır. Ayrıca, otonom karar sistemlerinin etkinliğini artırmaya yönelik olarak insan-makine etkileşimini optimize eden hibrit modellerin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Böylece, tedarik zinciri süreçlerinde hem verimlilik hem de sürdürülebilirlik açısından daha dengeli ve güvenilir sonuçlara ulaşılması mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

Abu-Alhaija, A. S., Allahham, M., Alsawaha, A., Almagharbeh, B. khaled, & Alsharif, N. A. (2025). Crisis logistics: The role of disaster relief in supply chain risk management for emergency response. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, *8*(3), 700-709. https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i3.6605

Alabdali, M. A., Yaqub, M. Z., & Windsperger, J. (2025). Algorithmic management and green technologies: enhancing supply chain resilience through transformation. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, *17*. https://doi.org/10.1016/j.clscn.2025.100281

Ansari, F., Glawar, R., & Nemeth, T. (2019). PriMa: a prescriptive maintenance model for cyber-physical production systems. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, *32*(4-5), 482-503. https://doi.org/10.1080/0951192X.2019.1571236

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959-975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

Arslan, B. B., Karahan, S. N., & Yildiz, A. (2025). Sürdürülebilir Akıllı Tedarikçi Seçimi için Bulanık TOPSIS ve Aralık Tip-2 Bulanık TOPSIS Temelli Bir Yaklaşım. *İstatistik ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, (12), 56-73. https://doi.org/10.52693/jsas.1796950

Bag, S., Gupta, S., Kumar, A., & Sivarajah, U. (2021). An integrated artificial intelligence framework for knowledge creation and B2B marketing rational decision making for improving firm performance. *Industrial Marketing Management*, *92*, 178-189. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.12.001

Baldea, M., Georgiou, A. T., Gopaluni, B., Mercangöz, M., Pantelides, C. C., Sheth, K., Zavala, V. M., & Georgakis, C. (2025). From automated to autonomous process operations.

Computers and Chemical Engineering, *196*. https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2025.109064

Bibby, L., & Dehe, B. (2018). Defining and assessing industry 4.0 maturity levels–case of the defence sector. *Production Planning and Control*, *29*(12), 1030-1043. https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1503355

Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Cooper, M. B. (2002). *Supply Chain Logistics Management*. McGraw-Hill.

Boyko Regina and Shumyhai, D. and G. M. (2017). Concept, Definition and Use of an Agent in the Multi-agent Information Management Systems at the Objects of Various Nature. Içinde M. Szewczyk Roman and Kaliczyńska (Ed.), *Recent Advances in Systems, Control and Information Technology* (ss. 59-63). Springer International Publishing.

Calatayud, A., Mangan, J., & Christopher, M. (2019). The self-thinking supply chain. *Supply Chain Management*, *24*(1), 22-38. https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0136

Chakraborty, A., Bhattacharyya, S., De, D., Sarigiannidis, P., & Banerjee, J. S. (2023). Confluence of artificial intelligence and robotic process automation: concluding remarks. In: Confluence of Artificial Intelligence and Robotic Process Automation. . *Springer Nature Singapore*, 389-399.

Chbaik, N., Khiat, A., Bahnasse, A., & Ouajji, H. (2021). The Application of Smart Supply Chain Technologies in the Moroccan Logistics. *Procedia Computer Science*, *198*, 578-583. https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.289

Chen, G., Chen, S., Chen, Z., Xiao, L., & Hu, J. (2025). How much data is sufficient for reliable bibliometric domain analysis? A multi-scenario experimental approach. *Scientometrics*, *130*(5), 2923-2946. https://doi.org/10.1007/s11192-025-05335-w

Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management* (5th ed.). Pearson Education.

Condé, L., & Münch, C. (2025). Resilient by Design: Exploring the Social Abilities and Actor-Network Roles of Artificial Intelligence in Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, *46*(4). https://doi.org/10.1111/jbl.70032

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Sage.

Çelik, E. (2025). Yapay zekâ Sistemlerinin Küresel Tedarik Zinciri Entegrasyonu Ve Performansına Etkileri Üzerine Bir Araştırma. *EGE ÜNİVERSİTESİ Ulaştırma Yönetimi Araştırmaları Dergisi*. https://jotmar.ege.edu.tr/

Dalain, A. F., Alnadi, M., Allahham, M. I., & Yamin, M. A. (2025). The Impact of Technological Innovations on Digital Supply Chain Management: The Mediating Role of Artificial Intelligence: An Empirical Study. *Logistics*, *9*(4). https://doi.org/10.3390/logistics9040138

Dash, R., Mcmurtrey, M., Rebman, C., & Kar, U. K. (2019). Application of Artificial Intelligence in Automation of Supply Chain Management. Içinde *Journal of Strategic Innovation and Sustainability* (C. 14, Sayı 3).

Demir, S., Gündüz, M., & Paksoy, T. (2022). Akıllı ve Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetiminin Hazırlık ve Olgunluk Düzeyinin Değerlendirilmesi için Geometrik Ortalamaya Dayalı Yeni Bir Model Önerisi. *Journal of Transportation and Logistics*, *7*(1), 95-115. https://doi.org/10.26650/jtl.2022.1023071

Demirci, E., & Gulushlu, A. (2024). *Azerbaycan'da Taşımacılık ve Lojistik Sektöründe Faaliyet Gösteren Firmaların Sürdürülebilirlik Stratejilerinin Değerlendirilmesi* (ss. 147-158).

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070

Fetters, M. D., Curry, L. A., & Creswell, J. W. (2013). Achieving integration in mixed methods designs—Principles and practices. *Health Services Research*, *48*(6pt2), 2134-2156. https://doi.org/10.1111/1475-6773.12117

Gedik, Y. (2021). Endüstri 4.0 Teknolojilerinin ve Endüstri 4.0'ın Üretim ve Tedarik Zinciri Kapsamındaki Etkileri: Teorik Bir Çerçeve The Effects of Industry 4.0 Technologies and Industry 4.0 within the Scope of Production and Supply Chain: A Theoretical Framework. *JOURNAL OF EMERGING ECONOMIES AND POLICY 2021*, *6*(1), 248-264. http://dergipark.org.tr/joeep

Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Foroughi, B., Tseng, M. L., Nikbin, D., & Khanfar, A. A. A. (2025). Industry 4.0 digital transformation and opportunities for supply chain resilience: a comprehensive review and a strategic roadmap. *Production Planning and Control*, *36*(1), 61-91. https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2252376

Hallikas, J., Immonen, M., & Brax, S. (2021). Digitalizing procurement: the impact of data analytics on supply chain performance. *Supply Chain Management*, *26*(5), 629-646. https://doi.org/10.1108/SCM-05-2020-0201

Hao, M., Li, H., Luo, X., Xu, G., Yang, H., & Liu, S. (2020). Efficient and Privacy-Enhanced Federated Learning for Industrial Artificial Intelligence. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *16*(10), 6532-6542. https://doi.org/10.1109/TII.2019.2945367

IEEE Access. (2026, Ocak 30). *Indexing Information*. https://bit.ly/4dCXnkl

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). Artificial Intelligence Applications for Industry 4.0: A Literature-Based Study. *Journal of Industrial Integration and Management*, *07*(01), 83-111. https://doi.org/10.1142/S2424862221300040

KILIÇ, S. (2022). Geleceğin Tedarik Zinciri Modelinin Bugünden Tartışılması: Çiftçi Dostu Blok Zincir Destekli Tarımsal Gıda Tedarik Zinciri Modeli. *Cankiri Karatekin Universitesi Iktisadi ve Idari Bilimler Fakultesi Dergisi*. https://doi.org/10.18074/ckuiibfd.1184397

Leydesdorff, L., & Nerghes, A. (2017). Co-word maps and topic modeling: A comparison using small and medium-sized corpora (N < 1,000). *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *68*(4), 1024-1035. https://doi.org/10.1002/asi.23740

Mawahreh, M. A. L. Al, Momani, R. A., Allahham, M., Almagharbeh, B. K., & Ahmad, A. Y. B. (2025). Unlocking organizational productivity through digital marketing: How value proposition strategy shapes success in the service industry. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, *8*(3), 2667-2676. https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i3.7067

Michael Porter, by E., & Heppelmann, J. E. (2015). *How Smart, Connected Products Are Transforming Companies*.

Mohsen, B. M. (2023). Impact of Artificial Intelligence on Supply Chain Management Performance. *Journal of Service Science and Management*, *16*(01), 44-58. https://doi.org/10.4236/jssm.2023.161004

Muhuri, P. K., Shukla, A. K., & Abraham, A. (2019). Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *78*, 218-235. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.11.007

Nalbant, K. G., & Aydın, S. (2025). Endüstri 4.0 dan Endüstri 5.0 a Geçiş: Dijital Dönüşümde Yapay zekâ ve Metaverse in Rolü (Transitioning From Industry 4.0 To Industry 5.0: The Role of Artificial Intelligence and The Metaverse in Digital Transformation). *Turk Turizm Arastirmalari Dergisi*. https://doi.org/10.26677/tr1010.2025.1502

Orujov, U. (2025, Nisan). Medya Tekelleri Ve Dijital Rekabet: Platform Kapitalizmi Çağında Ekonomik Güç Dağılımı.

Öztürk, İ. (2025). *Sürdürülebilirlik Perspektifinden Endüstri 4.0 Teknolojilerinin Tedarik Zinciri Yönetimi Fonksiyonları Üzerine Etkisi*. *5*(1). https://doi.org/10.54486/fivezero.2024.42

Peck, H. (2005). Drivers of supply chain vulnerability: an integrated framework. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(4), 210-232. https://doi.org/10.1108/09600030510599904

Piramuthu, S. (2005). Knowledge-based framework for automated dynamic supply chain configuration. *European Journal of Operational Research*, *165*(1), 219-230. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.12.023

Pons, P., & Latapy, M. (2006). Computing communities in large networks using random walks. *Journal of Graph Algorithms and Applications*, *10*(2), 191-218. https://doi.org/10.7155/jgaa.00124

Riahi, Y., Saikouk, T., Gunasekaran, A., & Badraoui, I. (2021). Artificial intelligence applications in supply chain: A descriptive bibliometric analysis and future research directions. Içinde *Expert Systems with Applications* (C. 173). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114702

Rogers, G., Szomszor, M., & Adams, J. (2020). Sample size in bibliometric analysis. *Scientometrics*, *125*(1), 777-794. https://doi.org/10.1007/s11192-020-03647-7

Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2021). Impact of Industry 4.0 on decision-making in an operational context. *Advances in Production Engineering And Management*, *16*(4), 500-514. https://doi.org/10.14743/APEM2021.4.416

Roßmann, B., Canzaniello, A., von der Gracht, H., & Hartmann, E. (2018). The future and social impact of Big Data Analytics in Supply Chain Management: Results from a Delphi study. *Technological Forecasting and Social Change*, *130*, 135-149. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.10.005

Schneeweiss, C. (2003). Distributed decision making in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, *84*(1), 71-83. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00381-X

Science Direct. (2026, Ocak 31). *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Abstracting and indexing. https://bit.ly/47MUN7z

Senapati, T., Sarkar, A., & Chen, G. (2024). Enhancing healthcare supply chain management through artificial intelligence-driven group decision-making with Sugeno–Weber triangular norms in a dual hesitant q-rung orthopair fuzzy context. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *135*. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.108794

Sharma, R., Shishodia, A., Gunasekaran, A., Min, H., & Munim, Z. H. (2022). The role of artificial intelligence in supply chain management: mapping the territory. *International Journal of Production Research*, *60*(24), 7527-7550. https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2029611

Swaminathan, J. M., Smith, S. F., & Sadeh, N. M. (1998). Modeling supply chain dynamics: A multiagent approach. *Decision Sciences*, *29*(3), 607-632. https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1998.tb01356.x

Talih, Ö., & Dönmez, E. (2024). Tedarik Zincirine Genel Bakış: Akıllı Tedarik Zincirinde Risk ve Güvenlik. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, *11*(2), 836-854. https://doi.org/10.17336/igusbd.1250142

Tekin, M., Öztürk, D., & Bahar, Ġ. (2020). Akıllı Lojistik Faaliyetlerinde Blokzincir Teknolojisi. *Journal of Urban Academy |*, *13*(3), 570-583. www.kentakademisi.com

Terzi, S., Gür, Ş., & Eren, T. (2020). Sürdürülebilir Tedarik Zincirine Endüstri 4.0 Etkisinin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Değerlendirilmesi. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 511-528. https://doi.org/10.17482/uumfd.537979

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2009). How to normalize cooccurrence data? An analysis of some well-known similarity measures. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, *60*(8), 1635-1651. https://doi.org/10.1002/asi.21075

Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., & Zhang, C. (2016). Towards smart factory for industry 4.0: A self-organized multi-agent system with big data based feedback and coordination. *Computer Networks*, *101*, 158-168. https://doi.org/10.1016/j.comnet.2015.12.017

Wu, L., Yue, X., Jin, A., & Yen, D. C. (2016). Smart supply chain management: A review and implications for future research. *International Journal of Logistics Management*, *27*(2), 395-417. https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2014-0035

Xu, L. Da. (2011). Information architecture for supply chain quality management. *International Journal of Production Research*, *49*(1), 183-198. https://doi.org/10.1080/00207543.2010.508944

Xu, L., Mak, S., & Brintrup, A. (2021). Will bots take over the supply chain? Revisiting agent-based supply chain automation. *International Journal of Production Economics*, *241*. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108279

Xu, L., Mak, S., Minaricova, M., & Brintrup, A. (2024). On implementing autonomous supply chains: A multi-agent system approach. *Computers in Industry*, *161*. https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104120

Xu, L., Mak, S., Proselkov, Y., & Brintrup, A. (2024). Towards autonomous supply chains: Definition, characteristics, conceptual framework, and autonomy levels. *Journal of Industrial Information Integration*, *42*. https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100698

Yadav, S., & Singh, S. P. (2020). Blockchain critical success factors for sustainable supply chain. *Resources, Conservation and Recycling*, *152*. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104505

Zhou, G., Zhang, C., Li, Z., Ding, K., & Wang, C. (2020). Knowledge-driven digital twin manufacturing cell towards intelligent manufacturing. *International Journal of Production Research*, *58*(4), 1034-1051. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1607978

Zitt, M., & Bassecoulard, E. (2006). Delineating complex scientific fields by an hybrid lexical-citation method: An application to nanosciences. *Information Processing & Management*, *42*(6), 1513-1531. https://doi.org/10.1016/j.ipm.2006.03.016

Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, *18*(3), 429-472. https://doi.org/10.1177/1094428114562629