

BLOK ZİNCİR TEMELLİ TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ VE LOJİSTİK SİSTEMLERİNİN OLGUNLUK DEĞERLENDİRMESİ: KAPSAMLI BİR SİSTEMATİK LİTERATÜR TARAMASI

Maturity Assessment Of Blockchain-Based Supply Chain Management And Logistics: A Comprehensive Systematic Literature Review

DOI: 10.58307/kaytek.1598042

Umut ŞENER/ Murat Tahir ÇALDAĞ/ Ebru GÖKALP

Özet

Blok zincir teknolojisi, tedarik zinciri yönetimi ve lojistik (TZYL) alanında bilgi akışı, veri bütünlüğü, şeffaflık ve işletme güvenilirliği artırması ile köklü değişimler gerçekleştirmektedir. Sağladığı bu faydalar sebebi ile tedarik zinciri ve lojistik firmaları, blok zincir tabanlı TZYL sistemlerine geçiş yapmak isteseler de mevcut süreçlerini değerlendirmek ve yenilikçi teknolojilere adapte edebilmek için rehberliğe ihtiyaç duymaktadırlar. Olgunluk Modelleri (OM), mevcut durumu objektif bir şekilde tespit edip, bir sonraki seviyeye geçmek için nelerin yapılması gerektiğini söyleyen sistematik yapılarıdır. Bu çalışma, kapsamlı bir sistematik literatür taraması (SLT) aracılığıyla blok zincir tabanlı TZYL için OM'lerini bulmayı ve analiz etmeyi amaçlamaktadır. Mevcut OM'ler amaca uygunluk, boyutların tamlığı, boyutların ayrırımı durumu, ölçüm özelliklerinin tanımı, yönteminin açıklaması, değerlendirme nesnelliği gibi kalite ölçütleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen sistematik literatür analizine göre, literatürdeki mevcut 13 tane blok zincir tabanlı TZYL için geliştirilmiş OM'nin hiçbiri OM değerlendirme ölçütlerinin tümünü tam olarak karşılayamamaktadır. Bu doğrultuda araştırmanın bulguları, blok zincir tabanlı TZYL için özel olarak tasarlanmış bir olgunluk değerlendirme aracına olan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Bu çalışma, gelecekteki araştırmalar ve özelleştirilmiş modellerin geliştirilmesine yönelik bir başlangıç noktası sunmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Blok zincir, Tedarik Zinciri Yönetimi ve Lojistik, Lojistik 4.0, Olgunluk Modeli, Sistematik Literatür Taraması

Abstract

Blockchain technology revolutionizes supply chain management and logistics (SCML) by enhancing information flow, data integrity, transparency, and operational reliability. As organizations transition to blockchain-based SCML, systematic guidelines are essential to assess and improve their processes. This study aims to identify and analyze existing Maturity Models (MMs) for blockchain-based SCML through a comprehensive systematic literature review (SLR). The existing MMs were evaluated using quality criteria such as fitness for purpose, completeness of dimensions, granularity of dimensions, definition of measures, explanation of the method, and assessment objectivity. According to the systematic literature analysis, none of the 13 existing blockchain-based MMs developed for SCML in the literature fully meet all the MM evaluation criteria. The findings reveal a critical gap in the literature: the absence of an MM specifically designed for blockchain-based SCML. This study contributes to the growing body of knowledge on blockchain integration in SCML by emphasizing the necessity for customized maturity assessment tool. This study aims to provide a starting point for future research and the development of customized models.

Keywords: Blockchain, Supply Chain Management and Logistics, Logistics 4.0, Maturity Model, Systematic Literature Review

Umut ŞENER, sumut@metu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1881-1886 Middle East Technical University
Murat Tahir ÇALDAĞ, mtcaldag@baskent.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1353-0556 Baskent University
Ebru GÖKALP, ebrugokalp@hacettepe.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4030-2447 Hacettepe University

GİRİŞ

Tedarik Zinciri Yönetimi, "müşteriler ve diğer paydaşlar için değer katan ürün, hizmet ve bilgi sağlayan, son kullanıcılardan orijinal tedarikçilere kadar temel iş süreçlerinin bütünleşmesi" olarak tanımlanmaktadır (Lambert and Cooper, 2000). Tedarik Zincirinin kritik bir bileşeni olan lojistik yönetimi, öncelikli olarak rota planlama, yol optimizasyonu ve verimli teslimat operasyonlarına odaklanır. Ayrıca, malzemelerin kaynağından varış noktasına kadar olan yolcuğunda satın alınması, depolanması ve taşınmasını gibi işlemleri kapsamaktadır. Tedarik Zinciri Yönetimi ve Lojistik (TZYL) operasyonlarının etkin yönetimi, kurumsal dayanıklılığın sürdürülmesi için çok önemlidir. Günümüzde yaşanan pandemiler, jeopolitik gerginlikler, savaşlar, iklim krizi ve benzeri küresel olaylar şirketlerin TZYL operasyonlarını etkili bir şekilde yürütmelerini engelleyerek, şirketlerin müşteri taleplerini zamanında karşılama becerilerini zorlamaktadır. PwC'nin 600 TZYL yetkilisinin katılımıyla gerçekleştirdiği TZYL operasyonlarındaki dijital eğilimlere ilişkin bir ankette, şirketlerin %37'sinin ağ stratejileri de dâhil olmak üzere işletme modellerini değiştirdiğini, %70'inin ise bu zorlukların üstesinden gelmek için dijital teknolojilere başvurulduğu tespit edilmiştir. (PwC, 2024a, 2024b).

Son sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT), Kablosuz Erişim Ağı (WAN), bulut bilişim, uç bilişim, veri analitiği, veri ağı, büyük veri ve blok zincir gibi yenilikçi dijital dönüşüm teknolojilerin kullanılması ile dönüşen iş süreçlerini kapsamaktadır. Endüstri 4.0 ve gelişen teknolojilerin TZYL operasyonlarını önemli ölçüde etkilemesi beklenmektedir (Şener, Gökalp and Erhan Eren, 2023; Hamidi et al., 2024). Acatech (Schuh et al., 2017) raporuna göre, bu yeni endüstriyel dönem, fiziksel varlıkların sanal nesneler tarafından temsil edildiği siber-fiziksel sistemlerden yararlanmaktadır. Siber-fiziksel sistemler, Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojileri ile birbirlerine bağlı, akıllı ve kendi kendini düzenleyen süreç ve sistemleri uygulamayı mümkün kılmaktadır. Bu sistemler, üretim ekosistemleri ile lojistik ağları bütünleştirerek yeni bir sanayileşme dalgası başlatmaktadır. Bu yeniliklerle birlikte artan bağlantı, otomasyon, esneklik, üretkenlik ve düşük maliyet gibi çok sayıda avantaj sağlanmaktadır (Unny and Lal, 2020; Ronaghi, 2021; Hellweg, Janhofer and Hellingrath, 2023). Ancak bu avantajlardan tam olarak faydalanmak için kuruluşların operasyonlarını yeniden yapılandırmaları gerekmektedir (Gökalp and Özer, 2022; Çaldağ and Gökalp, 2023; Ozer and Gökalp, 2025).

Endüstri 4.0 kapsamındaki teknolojilerinin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, geleneksel TZYL süreçlerinin hem fiziksel hem de bilgi yönetimi açısından akıllı bir şekilde yönetilmesi sağlanmaktadır (Şener, Gökalp and Eren, 2022). Değer

zincirindeki tüm paydaşların Endüstri 4.0'ın avantajlarından tam olarak faydalanabilmesi için TZYL'de bilgi ve ürünlerin uçtan uca bütünleşmesinin sağlanması şarttır. Ancak, geleneksel bir yöntem olan merkezi veri merkezlerinin kullanılması, şeffaflık, güvenilirlik ve operasyonlardaki bilgi akışlarının geçerliliği kapsamında zorluklara neden olmaktadır. Bu zorluklara bir çözüm sunması açısından, blok zincir teknolojisi, merkezi bir otoriteye olan ihtiyacı ortadan kaldırarak, veri bütünlüğü, şeffaflık ve güvenilirlik sağlayan merkezi olmayan bir platform sunmaktadır. IBM'in gerçekleştirdiği bir ankete göre, yöneticilerin %81'inin, blok zincir teknolojisinin ürün izlenebilirliğini önemli ölçüde geliştirebileceğine ve TZYL operasyonlarında şeffaflığı artırabileceğine inandığını ortaya koymaktadır (IBM, 2024). TZYL faaliyetlerinin yönetiminde karşılaşılan bir diğer zorluk da, değer zincirindeki ilgili paydaşların aktif katılım konusundaki sınırlı istekliliğidir. Tam bütünleşmiş TZYL operasyonlarının gerçekleştirilmesi için birden fazla taraf arasında koordinasyon gerektiren ödeme doğrulama, evrak işlemlerinin yürütülmesi ve sözleşme yönetimi gibi karmaşık faaliyetlerin yönetilmesi gerekir. Blok zincir teknolojisi, manuel işlemleri, araçları ve kâğıt tabanlı doğrulama ve onaylama süreçlerini ortadan kaldırarak bu zorluklara bir çözüm sunmaktadır. Akıllı sözleşmelerin devreye girmesiyle blok zincir üretkenliği ve şeffaflığı artarken operasyonel ve yönetsel maliyetler de azaltmaktadır. TZYL'de blok zincir kullanımı 2029 yılına kadar yıllık 450 milyar dolara kadar maliyet düşüşüne yol açabileceği ve 2030 yılına kadar genel verimliliği %35 oranında artırabileceği öngörülmektedir (Lindner, 2024). Blok zincir teknolojisi TZYL alanında devrim yaratarak şirketleri operasyonlarını yeniden değerlendirmeye ve yapılandırmaya zorlayarak, sektörde yıkıcı bir güç olarak konumlanmaktadır. Deloitte'un Küresel Blok Zincir Anketine göre, katılımcıların %93 gibi ezici bir çoğunluğu blok zincirin TZYL operasyonlarında uygulanmamasının rekabet avantajı kaybına yol açacağına inanmaktadır (Deloitte, 2021). Bu görüş, 2024 yılında PwC tarafından yapılan bir anketle daha da pekiştirilmiştir; ankete göre, küresel çapta şirketlerin %53'ü, bu teknolojinin sunduğu rekabetçi fırsatlardan yararlanmayı amaçlayarak, TZYL süreçlerinde blok zincir kullanımını başlatmıştır (PwC, 2024a).

Hâlihazırda TZYL sektör liderleri blok zincir teknolojisini uzun zamandır uygulamaktadırlar (PwC, 2024a). Çok uluslu bir lojistik şirketi olan UPS, paketlerin uçtan uca görünürlüğünü ve takibini sağlamak ve böylece şeffaflığı artırmak için blok zinciri benimsemiştir. Walmart, blok zincir teknolojisini gıda TZYL sistemine entegre ederken, ilaç devi Pfizer, sahtecilik risklerini azaltmak ve son kullanma tarihlerinin, parti numaralarının ve konumların doğrulanması yoluyla ürün kimlik doğrulamasını sağlamak için blok zincir teknolojisini kullanmaktadır (Antier, 2024). Otomotiv sektöründe, Ford, Honda, GM ve BMW gibi büyük şirketler, güvenilmez uygulamalarla mücadele etmek için "Otomotiv Blok Zincir Konsorsiyumu" kurmuştur. Bu girişim, yeniden satılan araçlarda kilometre sayacını düşürme gibi sorunları ele almakta,

karbon salınımlarını ve araç bakımını takip etmekte ve sorunsuz elektrikli şarj ödemeleri ve araç paylaşım hizmetleri için kimlik yönetimi ve akıllı sözleşmeler uygulamaktadır (Ledger Insights, 2019).

TZYL için blok zincir teknolojisine yönelik bu önemli ilgiye rağmen, kuruluşlar hala blok zincir destekli TZYL'ye geçiş için zorluk yaşamaktadır. Bu geçişi sağlamak için, kuruluşlara blok zincir tabanlı TZYL yeteneklerini değerlendirme ve geliştirme konusunda yardımcı olabilecek kapsamlı kılavuzlara ihtiyaç vardır. Olgunluk Modeli (OM) çalışmaları, mevcut durumu objektif bir şekilde tespit edip, bir sonraki olgunluk seviyesine geçmek için nelerin yapılması gerektiğine dair sistematik bir şekilde yol haritası oluşturan yapılardır.

Bu çalışmanın amacı, literatürdeki mevcut durumu anlamak için, literatürde yer alan mevcut blok zincir tabanlı TZYL için geliştirilmiş OM'lerinin Sistematik bir Literatür Taraması (SLT) yöntemi kullanılarak belirlenip kapsamlı bir şekilde analiz edilmesidir.

Bu çalışmanın cevap aradığı araştırma soruları (A.S.) aşağıdaki gibidir;

- A.S -1: Blok zincir tabanlı TZYL ile ilişkili mevcut OM'ler nelerdir?
- A.S -2: Blok zincir tabanlı TZYL'nin olgunluk seviyesini etkileyen mevcut olgunluk boyutları nelerdir?
- A.S -3: TZYL alanındaki OM'lerin araştırma bağlamı, odak noktası ve etki alanı nedir?
- A.S -4: Çalışmalar bir OM'nin gerekliliklerini karşılamakta mıdır?
-

Bir sonraki bölümde bu araştırma kapsamında izlenen SLT yöntemine yer verilmiş olup, sonrasında tespit edilen OM'leri analiz edilmiş, son olarak çalışma tartışma ve sonuç bölümü ile sonlandırılmıştır.

YÖNTEM

Literatürde blok zincir tabanlı TZYL'nin olgunluk seviyelerinin değerlendirilmesiyle ilgili çalışmaları belirlemek için Kitchenham (Kitchenham, 2004) tarafından önerilen SLT yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem üç ana aşamadan oluşmaktadır:

- Aşama I: SLT sürecinin planlanması ve araştırma hedeflerine dayalı olarak inceleme protokolünün geliştirilmesi.
- Aşama II: Mevcut çalışmaların belirlenmesi, seçilmesi ve değerlendirilmesi için SLT sürecinin yürütülmesi.
- Aşama III: SLT sonuçlarının niteliksel ve niceliksel olarak incelenmesi ve raporlanması.

Aşama I: Planlama

İlk aşamada, SLT'nin hedefleri ve A.S.'larını tanımlayan bir inceleme protokolü geliştirilmiştir. Bu aşamayı özetleyen ayrıntılı adımlar Tablo 1'de verilmiştir. Öncelikli hedefler, giriş bölümünde verilen A.S.'larıyla ilgili mevcut çalışmaları incelemektir.

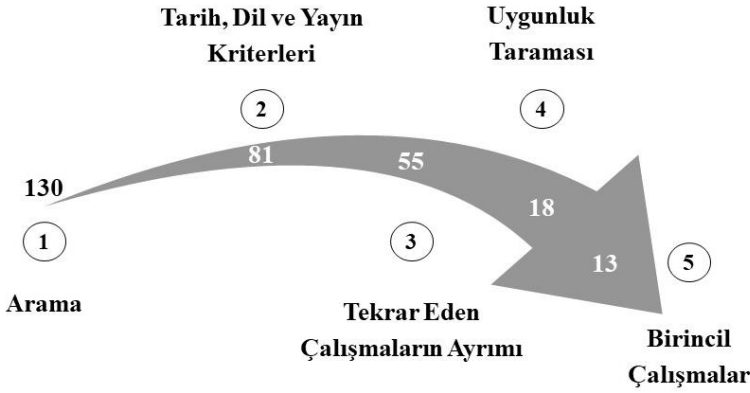
Tablo 1. SLT Süreci ve Çıktıları

Süreç Adımı	Çıktısı
Araştırma Sorularının ve Kapsamının Oluşturulması	İnceleme Kapsamı
İlk Aramanın Yapılması	Bilimsel Makaleler
Tarih, Dil ve Yayın Ölçütlerine Göre Filtrelenmesi	Potansiyel İlgili Makaleler
Yinelenen Çalışmaların Filtrelenmesi	Yinelenmeyen Makaleler
Özet ve Anahtar Kelimelere Göre Uygunluk Analizi	İlgili Makaleler
Çalışmaların Tam Metin Analizi	Birincil Çalışmalar

Aşama II: Uygulama

Haziran 2024'te gerçekleştirilen SLT, Tablo 1'de özetlenen adımlar izlenerek makalenin yazarları tarafından tamamlanmıştır. Kapsamlı arama sorgusu olarak ("supply chain" OR "logistic 4.0" OR "blockchain") AND ("maturity" OR "readiness") AND ("model" OR "framework" OR "index") kullanılmış, Scopus ve Web of Science veri tabanlarındaki yayınların başlıklarında arama yapılarak ilgili çalışmalar belirlenmiştir. Social Sciences Citation Index (SSCI) ve Science Citation Index- Expanded (SCI-Exp) indekslerinde taranan dergilerdeki ingilizce dilinde yazılmış çalışmalar taramaya dahil edilmiştir. Konferans bildirileri, kitap bölümleri, seriler, toplantılar, raporlar ve inceleme yazıları gibi diğer yayınlar bu taramanın dışında tutulmuştur. Bu kısıtlar çerçevesinde tespit edilen çalışmaların önceden belirlenmiş A.S.'larına uygunluğunu değerlendirilmiştir. Şekil 1'de görsel olarak gösterildiği gibi, ilk aşamada yapılan sorgu neticesinde 130 makale belirlenmiştir. Tarih dil ve yayın kriterleri uygulandığında 81 makaleye düşen bu havuz, çalışmaların A.S.'larına uygunluğu incelenmesinin ardından, blok zincir tabanlı TZYL için OM'leri kapsayan 13 birincil çalışma tespit

edilmiştir.



Şekil 1. SLT Eliminasyon Adımları ve Sonuçları

Aşama III: Analiz

A.S.-1: Blok zincir tabanlı TZYL ile ilişkili mevcut OM'leri nelerdir?

SLT sonunda tespit edilen 13 birincil çalışma ilgili başlıkları, hedefleri ve referansları ile birlikte Tablo 2'de özetlenmiştir.

A.S.-2: Blok zincir tabanlı TZYL'nin olgunluk seviyesini etkileyen mevcut olgunluk boyutları nelerdir?

Belirlenen birincil makaleler, Tablo 3'te verilen çeşitli olgunluk boyutlarına sahiptir. Bu boyutlar geleneksel TZ süreçleri, kurumsal yönetim ve Endüstri 4.0 teknolojilerine odaklanmaktadır. Blok zincir ile ilgili süreçlerin eksikliği, blok zincir bütünleşmesine odaklanan bütünsel bir OM'nin gerekliliklerini ortaya koymaktadır.

Tablo 2. Birincil Çalışmalar

No	Referans	Başlık	Çalışmanın Amaçları
OM1	(Ronaghi, 2021)	A Blockchain Maturity Model in Agricultural Supply Chain	Tarımsal tedarik zincirlerinde blok zincir teknolojileri için olgunluk modeli sağlamak
OM2	(Zoubek and Simon, 2021)	A Framework for a Logistics 4.0 Maturity Model with a Specification for Internal Logistics	Sanayi şirketleri için iç lojistiği değerlendirmeye yönelik bir çerçeve sunmak
OM3	(Caiado <i>et al.</i> , 2021)	A fuzzy rule-based industry 4.0 maturity model for operations and supply chain management	TZY dijital hazırlığını ölçmek için bir model sağlamak
OM4	(Facchini <i>et al.</i> , 2020)	A Maturity Model for Logistics 4.0: An Empirical Analysis and a Roadmap for Future Research	Lojistik 4.0 için bir olgunluk modelini doğrulamak
OM5	(Vasconcellos, Junior and Rodrigues, 2021)	An Industry 4.0 Maturity Model Applied to the Automotive Supply Chain	Bir endüstri 4.0 tedarik zinciri OM'si sağlamak ve doğrulamak
OM6	(Asdecker and Felch, 2018)	Development of an Industry 4.0 maturity model for the delivery process in supply chains	Lojistik 4.0'ın üretim süreçlerine odaklanan bir OM sağlamak
OM7	(Benazzouz and Auhmani, 2024)	Digital maturity assessment model for pharmaceutical supply chain: a patient and hospital-centred development	Fas İlaç tedarik zincirinin dijital olgunluğunu değerlendirmek
OM8	(Weerabahu <i>et al.</i> , 2023)	Digital supply chain research trends: a systematic review and a maturity model for adoption	Dijital tedarik zincirinin benimsenmesinin önündeki zorlukları belirlemek ve bir dijital tedarik zinciri OM'si sağlamak
OM9	(Modica <i>et al.</i> , 2023)	Empowering freight transportation through Logistics 4.0: a maturity model for value creation	Lojistik 4.0'ın taşıma sürecinin tasarımı ve yapılandırılması üzerindeki etkilerini araştırmak
OM10	(Sari, Tricahyono and Indiyati, 2024)	E-Supply Chain Management Readiness Analysis by Using the Smart Industry Readiness Index	E-TZY teknolojisinin benimsenmesi için sektörün ve hazır olma faktörlerinin seviyesini belirlemek

No	Referans	Başlık	Çalışmanın Amaçları
OM11	(Demir <i>et al.</i> , 2023)	Readiness and Maturity of Smart and Sustainable Supply Chains: A Model Proposal	TZY kapsamında akıllılık hem de sürdürülebilirlik için OM sunmak
OM12	(Bui <i>et al.</i> , 2022)	Supply chain quality management 4.0: conceptual and maturity frameworks	Kalite tabanlı bir TZY alanında OM sağlamak
OM13	(Hellweg, Janhofer and Hellingrath, 2023)	Towards a Maturity Model for Digital Supply Chains	Dijital tedarik zincirlerine ilişkin bir OM geliştirmek

Tablo 3. Mevcut OM'lerin Boyutları

No	Seviye Sayısı	Olgunluk Boyutları
OM1	5	8 Boyut: Strateji, Yönetişim, Liderlik, Kültür, İnsanlar, Müşteriler, Operasyonlar, Ürünler, Teknoloji
OM2	6	5 Boyut: Manipülasyon, Depolama, Tedarik, Paketleme, Malzeme tanımlama
OM3	5	7 Boyut: Müşteri, Lojistik, Tedarikçi, Entegrasyon, Planlama ve Kontrol, Kalite, Bakım
OM4	5	3 Boyut: Yönetim, Malzeme akışı, Bilgi akışı
OM5	6	6 Boyut: Örgütsel Strateji, Yapı ve Kültür, İşgücü, Akıllı Fabrikalar, Akıllı Süreçler, Akıllı Ürün ve Hizmetler, Teknoloji
OM6	5	3 Boyut: Sipariş İşleme, Depolama, Nakliye
OM7	4	4 Boyut: BT & Dijital Teknoloji, Strateji & Süreç Yönetimi, İnsan Kaynakları & Kültür, Tedarik Zinciri & Hasta Yolculukları Yönetimi
OM8	4	4 Boyut: Endüstri 4.0 Teknolojileri ve Kaynakları, Tedarik Zinciri Stratejisi ve Planlaması, İnsanlar, Beceri ve Yetkinlikler, Tedarik Zinciri Dinamik Yetenekleri
OM9	4	7 Boyut: Uygulama, Karar Kapsamı, Karar Seviyesi, Ağ Yayılımı, Otomasyon Seviyesi, Edinim Sıklığı, Özerklik Seviyesi
OM10	6	8 Boyut: Operasyonlar, Tedarik Zinciri, Ürün Yaşam Döngüsü, Otomasyon, Bağlantı, İstihbarat, Yapı ve Yönetim, Yetenek Hazırlığı
OM11	5	2 Boyut: Sürdürülebilirlik, Zekilik
OM12	4	4 Boyut: Tedarik Zinciri Performansı, Tedarik Zinciri Operasyonları, Teknoloji 4.0, Altyapı Uygulamaları
OM13	5	4 Boyut: İş Dijitalleşmesi, Örgütsel Dijitalleşme, Süreç ve Yöntem Dijitalleşmesi, Teknolojik Dijitalleşme

A.S.-3: TZYL alanındaki OM'lerin araştırma bağlamı, odak noktası ve etki alanı nedir?

Tablo 4'te özetlenen birincil çalışmaların araştırma odakları ve alanlarına bakıldığında, blok zincir tabanlı TZYL kapsamındaki OM'lerine ilişkin uygulama ve doğrulama çalışmalarında bir araştırma boşluğu olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, tespit edilen OM'lerinin inceledikleri olgunluk boyutları ve seviyeleri açısından farklılık göstermekte olduğu ve modellerin değişik sektörlerin ihtiyaçları doğrultusunda uyarlandıkları ve sektör spesifik modeller geliştirildiği tespit edilmiştir. Son olarak, sınırlı sayıda çalışma, blok zincir tabanlı TZYL konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 4. Birincil Çalışmaların Araştırma Odağı ve Alanları

No	Araştırma Odağı	Araştırma Alanı	Spesifik Sektör Hedefi
OM1	Geliştirme ve Doğrulama	Blokzincir olgunluğu	Tarımsal TZY
OM2	Geliştirme	Lojistik 4.0 olgunluğu	Üretimde iç lojistik
OM3	Geliştirme ve Doğrulama	Endüstri 4.0' a hazırlık	Üretim
OM4	Geliştirme ve Doğrulama	Lojistik 4.0 olgunluğu	Üretim
OM5	Geliştirme ve Doğrulama	TZ 4.0 olgunluk	Otomotiv
OM6	Geliştirme	Teslimat süreci olgunluğu	Üretim
OM7	Geliştirme	Dijital olgunluğu	Eczane
OM8	Geliştirme ve Meta-Analiz	Dijital TZ olgunluğu	Üretim
OM9	Geliştirme ve Meta-Analiz	Lojistik 4.0 olgunluğu	Ulaşım
OM10	Uygulama	E-TZY hazırlığı	Yiyecek ve İçecek
OM11	Geliştirme ve Doğrulama	Akıllı ve Sürdürülebilir TZ	Otomotiv
OM12	Geliştirme	TZ 4.0 kalitesi	Üretim
OM13	Geliştirme	Dijital TZ olgunluğu	Üretim

A.S.-4: Çalışmalar bir OM'nin gerekliliklerini karşılıyor mu?

Tespit edilen OM'lerine objektif ve sistematik bir değerlendirme yapmak için OM'lerinin oluşturulmasına yönelik gereklilikleri özetleyen, yaygın olarak kabul görmüş bir ISO standardı olan ISO/IEC 15504 Bölüm 7 (ISO/IEC, 2003) "Kurumsal Olgunluğun Değerlendirilmesi " dikkate alınmıştır. Standartta göre bir OM'nin değerlendirme sonucu *objektif, tarafsız, tutarlı, tekrarlanabilir, karşılaştırılabilir ve değerlendirilen kurumsal birimleri temsil eder nitelikte* olmalıdır. Bu kapsamda, mevcut OM'leri değerlendirmek için kullanılan (Şener, Gökalp and Eren, 2019)'dan uyarlanan değerlendirme ölçütleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. OM'lerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Kalite Ölçütleri (Şener, Gökalp and Eren, 2019)

Ölçüt No	Kalite Ölçütü	Tanım
K1	Amaca Uygunluk	TZYL'de blok zincir olgunluk ölçülmesi amacına uygunluk seviyesi
K2	Boyutların Tamlığı	TZYL'de blok zincir olgunluğundaki ana unsurların tümünü veya bir alt kümesini ele alma açısından unsurların eksiksizlik düzeyi
K3	Boyutların Ayrıntısı	İlgili boyutlardaki niteliklerin açıklamalarının ayrıntı düzeyi
K4	Ölçüm Özelliklerinin Tanımı	Niteliklere, uygulamalara, başarı göstergelerine sahip olgunluk düzeyi ölçüm boyutlarına ilişkin açıklamaların tamlık düzeyi
K5	Yönteminin Açıklaması	Değerlendirme yönteminin açıklamasının tamlık düzeyi.
K6	Değerlendirme Nesnelliği	Olgunluk değerlendirme yönteminin objektiflik düzeyi.

Tespit edilen 13 OM'nin değerlendirmesini kapsayan nicel analiz, blok zincir teknolojileri, dijital dönüşüm ve OM'ler konusunda uzmanlaşmış üç alan uzmanı tarafından gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, yazarlar tarafından her bir OM'yi Tablo 5'te verilen kalite değerlendirme ölçütlerine göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Değerlendirme sürecinde Tablo 5'te verilen kriter nitelikleri beşli Likert ölçeğine göre derecelendirilmiştir. Derecelendirmeler şu şekildedir: Kriter %80-%100 arasında sağlanıyorsa 5, %60 ila %79 sağlanıyor ise 4, %40 ila %59 sağlanıyor ise 3, %20 ila %39 sağlanıyor ise 2, %1 ila %19 sağlanıyor ise 1 ve %0 sağlanıyor ise 0 olarak derecelendirilmiştir. Daha sonra, herhangi bir anlaşmazlığı tartışmak ve çözmek için bir toplantı düzenlenmiş olup, yapılan toplantıda uzmanlar aralarında fikir birliğine varmıştır. Yapılan değerlendirme sonucu Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Mevcut OM'lerin Kantitatif Analizi

No	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Ortalama
OM1	3	3	3	3	4	2	3.0
OM2	2	1	0	1	3	1	1.3
OM3	1	2	2	2	4	2	2.2
OM4	2	2	2	2	3	2	2.2
OM5	2	2	2	2	3	2	2.2
OM6	2	2	2	3	3	2	2.3

OM7	2	1	1	3	2	1	1.7
OM8	2	2	2	2	3	1	2.0
OM9	2	3	3	2	3	1	2.3
OM10	1	2	1	1	4	0	1.5
OM11	1	2	1	1	4	1	1.7
OM12	2	2	2	2	0	1	1.5
OM13	1	1	2	1	1	1	1.2
	1.8	1.9	1.8	1.9	2.8	1.3	Ortalama

OM yeterliliği değerlendirmesinin bir örneği olarak OM1 aşağıdaki ölçütlere göre analiz edilmiştir. Kriter 1'in derecesi 3 olarak belirlenmiş, bu da amaca uygunluğun %40 ile %59 oranında başarılı olduğunu göstermektedir. Bu OM, TZY'de blok zincir olgunluğunu araştırmasına rağmen, tarım alanıyla sınırlıdır ve lojistik operasyonlarını kapsamlı bir şekilde kapsamamaktadır. Veri analitiği yetenekleri, akıllı ürün ve hizmetler ve inovasyon gibi boyutların bulunmaması nedeniyle boyutların tamlığı 3 olarak derecelendirilmiş ve %40 ile %59 başarı arasında kalmıştır. Olgunluk boyutları sadece iki veya üç alt boyutu kapsadığından ve ölçüm açıklamaları bulunmadığından modelin ayrıntı düzeyi çok zayıf bulunmuştur. Sonuç olarak, K3 ve K4 %40 ile %59 arasında değerler olarak 3 olarak derecelendirilmiştir. OM1, değerlendirme yönteminin bir açıklamasını sunsa da, sağlanan anket soruları ve blok zincir olgunluğunu ölçmek için derecelendirme mantığı gibi bazı ayrıntıların açıklamasından yoksundur. Bu nedenle, K5 %60 ile %79 arasında bir değer elde ederek 4 olarak derecelendirilmiştir. Değerlendirme yöntemi, ölçüm araçları için çoğunlukla uzmanların öznel yargılarına dayanmaktadır, bu nedenle değerlendirme yönteminin nesnelliği olan K6'nın başarısı %19'un altındadır ve 1 olarak derecelendirilmiştir.

BULGULAR

Yapılan değerlendirme sonucu aşağıdaki bulgular elde edilmiştir;

- Mevcut OM'lerin hiçbirisi tüm kalite ölçütleri için 5'lik mükemmel bir puan elde etmemiştir. TZYL'de blok zincir olgunluğunun araştırılması mevcut OM'ler tarafından tam olarak araştırılmamıştır.
- Ölçütlerin hiçbirisi 3'ü aşan bir ortalama puana sahip değildir. Mevcut OM'lerin yapılandırılmış bir yöntemi izlenerek kabul görmüş bir standarda dayalı olarak geliştirilmediğini göstermektedir.

- OM1 diğer OM'ler arasında en gelişmiş olarak değerlendirilmiş olsa da, yalnızca tarımsal TZY'ye odaklanmaktadır ve ayrıca değerlendirme yaklaşımında ayrıntı ve nesnellik eksikliği mevcuttur.
- OM13, ayrıntı eksikliği, ölçüm tanımlarının olmaması ve yüksek öznelliği nedeniyle benzerleri arasında en az gelişmiş olarak değerlendirilmiştir. TZY ve lojistiğin genel performansını dikkate almadan veya bütüncül bir bakış açısını sürdürmeden dar bir şekilde dijital TZY'ye odaklanmaktadır.
- Çoğu OM, değerlendirme yöntemlerinin ayrıntılı açıklamalarını sunmakta ve bu ölçüt (K5) değerlendirilen tüm unsurlar arasında en yüksek puanı almaktadır.
- Değerlendirme yöntemlerinin öznelliği, analizde bu ölçüt için en düşük ortalama puanın (K6) da gösterdiği gibi, birçok OM için önemli bir zayıflık olmaya devam etmektedir.

Gerçekleştirilen SLT analizine göre, literatürdeki mevcut 13 tane blok zincir tabanlı TZY için geliştirilmiş OM'nin hiçbiri OM değerlendirme ölçütlerinin tümünü tam olarak karşılayamamaktadır. Blok zincir tabanlı TZY'ye bütünsel bir bakış açısı getiren kapsamlı ve bütünleşik bir yaklaşımdan yoksundurlar. Ayrıca, hiçbir OM'i teorik açıdan sistematik kurulmuş bir modele dayalı olarak geliştirilmemiştir. Son olarak, hiçbiri uygulama için modelin tüm ayrıntılarını veya olgunluk aşamasını iyileştirmek için bir eylem planı sunmamaktadır. Bu hususlar göz önünde bulundurulduğunda, bu alanda bir araştırma boşluğu olduğu ortaya çıkmıştır. Son olarak, mevcut OM'lerin az sayıda olması ve OM'nin sahip olması gereken kalite standartlarını sağlamamaları blok zincir tabanlı TZY uygulamalarının yeterince yaygın olmadığını göstermektedir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Blok zincir, dağıtık yapısı ile mevcut yerleşik iş operasyonlarını yıkıcı bir etki ile hızla dönüştüren, gelişmekte olan önemli bir teknolojidir. Blok zincir teknolojisi, TZY alanında gelişmiş şeffaflık, değişmezlik, izlenebilirlik ve verimlilik gibi birçok avantaj sağlar. Bu avantajlarına rağmen, henüz kuruluşlar tarafından tam olarak benimsenmemiştir. Kuruluşlar bu teknolojiyi benimseme konusunda istekli olsalar da nereden başlayacakları ve ne yapacakları konusunda bir yol haritasına ihtiyaç duymaktadırlar. Bu nedenle, blok zincir tabanlı TZY sistemlerinin mevcut olgunluk seviyesini değerlendirmek ve bir ileri seviyeye gitmek için adım adım ayrıntılı sıralı yönergeler içeren bir yol haritası sağlamak, kuruluşlar için kritik öneme sahiptir. Bu kapsamda, bu çalışmada literatürde yer alan blok zincir tabanlı TZY sistemleri için geliştirilen OM'lerinin sistematik bir analizini yapmıştır.

Bu araştırmanın katkıları aşağıdaki gibidir:

- SLT aracılığıyla blok zincir tabanlı TZYL sistemleri için geliştirilen OM'lerinin mevcut durumunu kapsamlı bir şekilde inceleyen ilk çalışmadır. Çalışma kapsamında TZYL ile ilişkili OM'leri, odak noktaları ve etki alanları açısından sistematik olarak incelenmiştir.
- Çalışmada, blok zincir tabanlı TZYL için hâlihazırda mevcut olan sınırlı sayıdaki OM, niceliksel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda, hiçbirinin OM kalite ölçütlerini tam olarak karşılamadığı gözlemlenmiştir.
- Araştırma, blok zincir tabanlı TZYL sistemleri için özel olarak tasarlanmış ve kalite ölçütlerini tam olarak karşılayan bir OM ihtiyacını tespit ederek önemli bir araştırma boşluğunu belirlemiştir.
- SLT sonucunda ortaya konan modeller endüstri de blok zincir tabanlı sistemlerin kullanımı, entegrasyonu, denetimi ve standartlarının oluşturulması konusunda bir ihtiyacı vurgulamaktadır.

Gelecekteki çalışmalar, bu tespit edilen araştırma boşluğunun giderilmesi için bir OM geliştirilmesini içermektedir. Dolayısıyla, bu modelin blok zincir tabanlı TZYL sistemlerinin mevcut olgunluk seviyesinin değerlendirilmesini kolaylaştırması ve olgunluk seviyesini sistematik olarak iyileştirmek için adım adım ayrıntılı sıralı yönergeler içeren bir yol haritası sağlaması amaçlanmaktadır.

Etik Beyanı: Yazarlar bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazar beyan ederler. Aksi bir durumun tespiti halinde Kamu Yönetimi ve Teknoloji Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazarlarına aittir.

Yazar Katkıları: Umut ŞENER, Murat Tahir ÇALDAĞ ve Ebru GÖKALP çalışmanın tamamında birlikte katkı sunmuştur.

Çıkar Beyanı: Yazar ve herhangi bir kurum/ kuruluş arasında çıkar çatışması yoktur.

Teşekkür: Yayın sürecinde katkısı olan hakemlere teşekkür ederiz.

Ethics Statement: The authors declare that the ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In the event of a contrary situation, the Journal of Public Administration and Technology has no responsibility and all responsibility belongs to the author of the study.

Author Contributions: Umut ŞENER, Murat Tahir ÇALDAĞ and Ebru GÖKALP have contributed to all parts and stages of the study.

Conflict of Interest: There is no conflict of interest among the authors and any institution.

Acknowledgement: We would like to thank the referees who contributed to the publication process.

KAYNAKLAR

- Antier (2024) Top 5 Real-life Blockchain Use Cases in Supply Chain in 2024.
- Asdecker, B. and Felch, V. (2018) 'Development of an Industry 4.0 maturity model for the delivery process in supply chains', *Journal of Modelling in Management*, 13(4), pp. 840-883. Available at: <https://doi.org/10.1108/JM2-03-2018-0042>.
- Benazzouz, T. and Auhmani, K. (2024) 'Digital maturity assessment model for pharmaceutical supply chain: a patient and hospital-centred development', *International Journal of Healthcare Management*, 17(2), pp. 261-284. Available at: <https://doi.org/10.1080/20479700.2023.2177584>.
- Bui, L.T.C. et al. (2022) 'Supply chain quality management 4.0: conceptual and maturity frameworks', *International Journal of Quality and Reliability Management* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1108/IJQRM-07-2021-0251>.
- Caiado, R.G.G. et al. (2021) 'A fuzzy rule-based industry 4 . 0 maturity model for operations and supply chain management', *International Journal of Production Economics*, 231(November 2019). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107883>.
- Çaldağ, M.T. and Gökalp, E. (2023) 'Organizational Adoption of Blockchain Based Medical Supply Chain Management | SpringerLink', in *In Current and Future Trends on Intelligent Technology Adoption*. Cham: Springer Nature Switzerland, pp. 321-343. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-48397-4_16 (Accessed: 19 January 2025).
- Deloitte (2021) Deloitte's 2021 Global Blockchain Survey.
- Demir, S. et al. (2023) 'Readiness and Maturity of Smart and Sustainable Supply Chains: A Model Proposal', *EMJ - Engineering Management Journal*, 35(2), pp. 181-206. Available at: <https://doi.org/10.1080/10429247.2022.2050129>.
- Facchini, F. et al. (2020) 'A Maturity Model for Logistics 4 . 0: An Empirical Analysis and a Roadmap for Future Research'.
- Gökalp, E. and Özer, E. (2022) 'Investigating the Economic Impact of Organizational Adoption of AI-Enabled Blockchain in 6G-Based Supply Chain Management | SpringerLink', in *Singapore: Springer Nature Singapore*, pp. 181-204. Available at: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-2868-0_9 (Accessed: 19 January 2025).
- Hamidi, S.M.M. et al. (2024) 'A three-stage digital maturity model to assess readiness for blockchain implementation in the maritime logistics industry', *Journal of Industrial Information Integration*, 41, p. 100643. Available at:

<https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100643>.

Hellweg, F., Janhofer, D. and Hellingrath, B. (2023) 'Towards a Maturity Model for Digital Supply Chains', Logistics Research, 16(1). Available at: https://doi.org/10.23773/2023_5.

IBM (2024) Benefits of Blockchain.

ISO/IEC (2003) '15504, Information Technology - Process Assessment Part 7: Assessment of organizational maturity'.

Kitchenham, B. (2004) 'Procedures for performing systematic reviews', Keele, UK, Keele University, 33(TR/SE-0401), p. 28. Available at: <https://doi.org/10.1.1.122.3308>.

Lambert, D.M. and Cooper, M. (2000) 'Issues in Supply Chain Management.', Industrial Marketing Management, 29(1), pp. 65-83.

Ledger Insights (2019) 'Automotive-consortium.pdf'.

Lindner, J. (2024) 'Blockchain in Supply Chain Statistics: Latest Data & Summary'.

Modica, T. et al. (2023) 'Empowering freight transportation through Logistics 4.0: a maturity model for value creation', Production Planning and Control, 34(12), pp. 1149-1164. Available at: <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1988176>.

Ozer, E. and Gökalp, E. (2025) 'Blockchain-Based Medical Supply Chain Management Collaboration: Exploring the Advantages and Drawbacks', in Blockchain Technology Applications in Knowledge Management. IGI Global Scientific Publishing, pp. 215-238. Available at: <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3956-5.ch007>.

PwC (2024a) Connected and autonomous supply chain ecosystems 2025.

PwC (2024b) 'PwC's 2024 Digital Trends in Operations Survey'.

Ronaghi, M.H. (2021) 'A blockchain maturity model in agricultural supply chain', Information Processing in Agriculture, 8(3), pp. 398-408. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.10.004>.

Sari, I.M., Tricahyono, D. and Indiyati, D. (2024) 'E-Supply Chain Management Readiness Analysis by Using the Smart Industry Readiness Index (Case Study: Pt Kuliner Dapur Bersama)', Quality - Access to Success, 25(198), pp. 141-148. Available at: <https://doi.org/10.47750/QAS/25.198.15>.

Schuh, G. et al. (2017) Industry 4.0 maturity index, Assembly.

Şener, U., Gökalp, E. and Eren, P.E. (2019) Industry 4.0 from the MIS Perspective, Industry 4.0 From The Management Information Systems Perspectives. Edited by S. Gülseçen et al. Peter Lang D. Available at: <https://doi.org/10.3726/b15120>.

- Şener, U., Gökalp, E. and Eren, P.E. (2022) 'Dijital Olgunluk İndeksi: Organizasyonların Dijital Dönüşüm Yolculuğunda Verimliliği Artırmak İçin Bir Kantitatif Yöntem', *Journal of Productivity*, pp. 17-29. Available at: <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1002353>.
- Şener, U., Gökalp, E. and Erhan Eren, P. (2023) 'Intelligent Digital Transformation Strategy Management: Development of a Measurement Framework', in C. Kahraman and E. Haktanır (eds) *Intelligent Systems in Digital Transformation Theory and Applications*. Springer, Cham, pp. 77-93. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-16598-6_4.
- Unny, R.B. and Lal, B. (2020) 'Blockchain in Supply Chain Management: A Review of the Capability Maturity Model', *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 617, pp. 149-158. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-64849-7_14.
- Vasconcellos, L.H.R., Junior, P.G. and Rodrigues, F. (2021) 'An Industry 4.0 Maturity Model Applied to the Automotive Supply Chain', *Revista Gestão & Tecnologia*, 21, pp. 230-258.
- Weerabahu, W.M.S.K. et al. (2023) 'Digital supply chain research trends: a systematic review and a maturity model for adoption', *Benchmarking*, 30(9), pp. 3040-3066. Available at: <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2021-0782>.
- Zoubek, M. and Simon, M. (2021) 'A framework for a logistics 4.0 maturity model with a specification for internal logistics', *MM Science Journal*, 2021(March), pp. 4264-4274. Available at: https://doi.org/10.17973/MMSJ.2021_03_2020073.