



BLOKZİNCİRİ TABANLI AKILLI HAVA MÜHİMMATI LOJİSTİK TAKİP SİSTEMİ

BLOCKCHAIN-BASED INTELLIGENT AIR AMMUNITION LOGISTICS TRACKING SYSTEM

Enis KONACAKLI¹

Can EYÜPOĞLU²

<https://doi.org/10.55071/ticaretfbid.1085938>

Sorumlu Yazar / Corresponding Author
enisk@hvkk.tsk.tr

Geliş Tarihi / Received
10.03.2022

Kabul Tarihi / Accepted
29.08.2022

Öz

Blokzinciri, elli milyon dolarlık iş hacminin verdiği güçle, içinde bulunduğumuz on yılda geleceğin teknolojisi olduğunu kanıtlamıştır. İlk olarak kripto paralarla ünlenen bu teknoloji, mimari üstünlüğü sayesinde finans sektöründen lojistik yönetimine kadar pek çok alanda kullanım imkânı bulmuştur. Blokzinciri teknolojisinin kuvvetli, güvenli, denetlenebilir ve daha sonra kanıtlanabilir kayıtlara büyük ihtiyaç duyulan Hava Kuvvetleri akıllı silah sistemlerinin lojistik yönetiminde kullanılması mümkündür. Bu çalışmada blokzinciri teknolojisi kullanılarak silah sistemlerinin lojistik kayıtlarının oluşturulabileceği ve takip edilebileceği bir model tasarlanmıştır. Modele uygun olarak akıllı bir blokzinciri anlaşması yazılmıştır. Blokzincirinde gerçekleştirilebilecek bir gönderme HyperLedger Fabric çerçevesi kullanılarak örneklenmiştir. Sonuç olarak bu modelin diğer askeri lojistik takip uygulamalarında kullanılabilirliği ile ilgili bir değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca ileride yapılabilecek çalışmalarda konunun nasıl geliştirilebileceği ile ilgili bazı çıkarımlarda bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Blokzinciri, akıllı mühimmatlar, hava kuvvetleri, lojistik yönetim sistemi.

Abstract

Blockchain has proven to be the technology of the future in the current decade, powered by a business volume of fifty million dollars. This technology, which was first famous for cryptocurrencies, has been used in many areas from the financial sector to logistics management thanks to its architectural superiority. It is possible to use blockchain technology in the logistics management of Air Force intelligent weapon systems where strong, secure, auditable and later demonstrable records are needed. In this study, a model is designed in which logistic records of weapon systems can be created and tracked using blockchain technology. A smart agreement is written in accordance with the model. A blockchain transaction that can be performed on the blockchain is sampled using the HyperLedger Fabric framework. As a result, an evaluation has been made regarding the usability of this model in other military logistics tracking applications. Besides, some inferences have been made about how the subject can be improved in future studies.

Keywords: Air force, blockchain, intelligent ammunition, logistics management system.

¹Milli Savunma Üniversitesi, Hezâfen Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye. enisk@hvkk.tsk.tr, Orcid.org/0000-0003-0645-0806.

²Milli Savunma Üniversitesi, Hava Harp Okulu, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye. ceyupoglu@hho.edu.tr, Orcid.org/0000-0002-6133-8617.

1 GİRİŞ

Blokzinciri, son on yıl içerisinde en çok araştırılan teknolojilerden biri haline gelmiştir. Asıl ününü kripto paralarla kazandığı pazar payıyla elde etmiştir. Nakamoto'nun ortaya koyduğu teoremin ilk uygulaması olan Bitcoin (Nakamoto, 2008), günümüzün en değerli para birimi olarak bu teknolojiyi herkes tarafından kullanılabilir hale getirmektedir. Blokzinciri veriyi saklamak için sunucu temelli merkezi yaklaşımların yerine dağıtık kayıt defteri mimarisini kullanmaktadır. Dağıtık kayıt defteri teknolojisi sadece blokzinciri mimarisine özel bir yapı değildir. Bu yapı hashgraph, holochain, tangle ve tempo gibi teknolojilerde de aktif kullanım alanı bulmaktadır (Karaarslan & Konacaklı, 2020).

Blokzincirini bu örneklerden üstün kılan en temel özellik, sahip olduğu kayıt defterinin döngüsel olarak kriptolanarak birbirine bağlanan veri bloklarından oluşmasıdır. Her blok kendinden bir önceki bloğun özet değerini kullanarak kapatılır. Blokların ardışık olarak dizilmesi ile elde edilen kriptografik zincir yapısı, silinmesi ve değiştirilmesi matematiksel olarak çok zor bir kayıt defteri oluşturur.

Lojistik yönetim, kayıt, depolama ve nakliye süreçlerinde kullanılan sistemlerde blokzinciri kullanımını ele alan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu teknoloji, veri bloklarının bütünlüğünü ve artırılarak teşkil edilmiş kayıt defteri kayıtlarını silinmez, denetlenebilir ve daha sonra kanıtlanabilir bir şekilde koruyabilmektedir. Bu durum, özellikle daha sonra hukuki süreçlere konu olabilecek hassas bilginin depolanmasını gerektiren uygulama alanlarında blokzincirinin tercih edilmesini sağlamaktadır. Blokzinciri tabanlı lojistik takip sistemleri, bu teknolojinin dijital para olarak kullanımı dışında hayata geçirilmiş en başarılı uygulamalarıdır.

Hava Kuvvetleri tarafından kullanılmakta olan akıllı hava mühimmatları, hassas lojistik nakil ve depolama yönetimine ihtiyaç duyan sistemlerdir. ARGE ve üretim maliyetleri çok yüksektir. Çevresel faktörlerden çok kolay etkilenebilirler. Taşınması sırasında yaşanabilecek bir sarsıntı çok hassas olan bu sistemleri gayri faal duruma düşürebilir. Uygun ısı ve nem standardında depolanmayan mühimmatın, üzerindeki bir elektronik komponentin arızalanması onu kullanılamaz hale getirebilir.

Bu silahların depolanma ve nakil işlemlerinin ne zaman ve hangi şartlarda gerçekleştirildiği daha sonra hukuki olarak değerlendirmeye tabi tutulmak üzere çeşitli soruşturmalara konu edilebilir. Detaylı ve silinmez kayıtların yüksek öneme sahip olabileceği akıllı silah sistemleri depolama ve lojistik sistem kayıtlarında blokzinciri teknolojisinin kullanımının yenilikçi bir yaklaşım olacağı değerlendirilmektedir.

Bu çalışmanın ana amacı, akıllı hava mühimmatlarının ve silah sistemlerinin lojistik kayıtlarının oluşturulabileceği ve takip edilebileceği blokzinciri tabanlı bir sistem tasarlamaktır. Çalışmanın bir sonraki bölümünde blokzinciri teknolojisi anlatılmış, bu teknolojinin kullanımında karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri ele alınmıştır. Üçüncü bölümde blokzincirinin lojistik takip uygulamalarındaki kullanım alanları hakkında gerçekleştirilen diğer çalışmalarla ilgili bir literatür taraması yapılmıştır. Dördüncü bölümde çalışmada önerilen model anlatılmıştır. Beşinci bölümde gerçekleştirilebilecek bir kayıt örneği HyperLedger Fabric ara yüzü kullanılarak örneklenmiştir. Sonuç bölümünde önerilen modelin uygulanabilirliği ve diğer askeri malzemelerinin de lojistik takip sistemlerinde kullanılabilirliği ile ilgili bir değerlendirme yapılmış ve ileride yapılabilecek çalışmalarda konunun nasıl geliştirilebileceği ile ilgili çıkarımlarda bulunulmuştur.

2. BLOKZİNCİRİ

2.1. Blokzincirinin Çalışma Prensipleri

Blokzinciri, kripto paraların mimarilerinde kullanılan ve kayıtların (yarı) merkezi olmayan bir şekilde tutulmasını sağlayan teknolojidir. Otonom bir sistem olan blokzinciri, Nakamoto tarafından öne sürülmüş ve ilk uygulaması olan Bitcoin ile hayata geçirilmiştir. Blokların içerisine yazılan kodlarla sistemin sadece kripto para amaçlı kullanımına son verilmiştir. Akıllı anlaşma adı verilen bu yenilik ile çok farklı disiplinlerde uygulama alanı bulmaya başlamıştır (Dorri ve ark., 2019). Kayıtlar blokzincirine bloklar halinde yazılırlar ve bu bloklar, kriptografik teknikler kullanılarak ardışık şekilde birbirine bağlanır. Böylece birbirini devamlı olarak takip eden ardışık bir zincir yapısı oluşturulur.

Tüm işlem hareketlerine ait gönderme kayıtlarının tutulduğu yapıya kayıt defteri adı verilmektedir. Blokzincirinde kayıt defteri, peer-to-peer (P2P) yapıda eşler arasında eşzamanlı olarak tutulur. Bir eşin tuttuğu defterin aynısı diğer eşte de mevcuttur. Bu yapıya dağıtık defter teknolojisi (distributed ledger technology-DLT) adı verilir. Kayıt defteri, hiyerarşik olarak eşler ve düğümler arasında tutulur. Düğümler ve eşler aynı anda hem sunucu hem de istemci olarak davranabilir. Bu şekilde merkezi denetim olmayan bir mimari oluşturulur. Farklı donanıma sahip düğümler, Tablo 1'de özetlenen farklı işlevlere sahip olabilir.

Tablo 1. Blokzincir Düğüm Tipleri

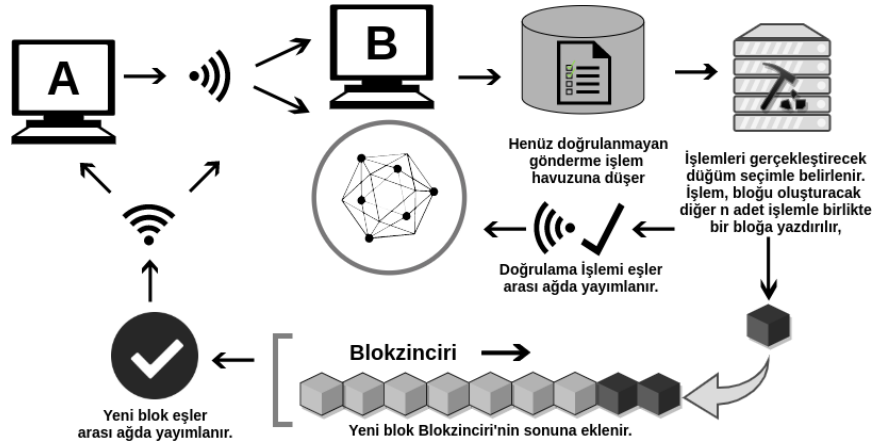
Düğüm Tipi	Örnek	İşlevi
Tam Düğüm	Büyük sunucu ve madenciler	Blokzincirinin tam kopyasını oluşturur, Blokları oluşturur, Blokları ve kayıtları onaylar, Yeni kayıt oluşturur, Kayıtları yayımlar.
Yarım Düğüm	Bilgisayar terminalleri	Blokzincirinin sadece başlık olarak kopyasını oluşturur, Yeni blokları, kayıtları onaylar, Eski kayıtları eş desteği olarak onaylar, Yeni kayıt oluşturur, Kayıtları yayımlar.
Basit Düğüm	Mobil cihazlar, cep telefonları	Yeni kayıtları onaylar, oluşturur, yayımlar.

Blokzincirinde eşler ve düğümlerin hiyerarşisi, bu düğümlerin sahip olduğu donanım kapasitelerine göre depolama alanlarını dolayısı ile defterin ne kadarının bu eşte tutulacağını da belirler. Bu eşlere ek yük gelmesini engellerken aynı zamanda maliyetlerinde eşit olarak dağıtılmasını sağlar. Fakat tutulmakta olan en düşük defter uzunluğu dahi eşin güvenliğini sağlamak için yeterli boyuttadır.

Blokzincirinde düğümler, yeni bloğu kimin yazacağına ilişkin seçim yapılması gibi işlemleri önceden belirlenmiş kurallar ve protokoller çerçevesinde gerçekleştirir (Kaya ve ark., 2020). Bu protokollere, konsensüs (uzlaşma) protokolleri adı verilir. En çok kullanılan konsensüs protokolleri Emegin İspatı (Proof of Work), Bizans Hata Toleransı (Byzantine Fault Tolerance) ve Sahipliğin İspatı (Proof of Stake) protokolleridir. Emegin ispatı (PoW) konsensüs protokolünde bir düğümün sisteme blok ekleyebilmesi zorluk derecesi belirlenmiş bir matematiksel problemi en hızlı biçimde çözerek başarısını diğer eşlere kanıtlaması gerekir. Bu işlem sonucunda başarılı düğüme verilen blok ödülü (block reward) sayesinde, işlem maliyetlerini karşılamak için gerekli kripto varlık veya dijital paranın da oluşması sağlanır. Sahipliğin ispatı (PoS) konsensüs protokolünde blok kapatma yetkisi verilecek eşin ilgili blokzincir ağında sahip olduğu pay

oranında söz sahibi olması sağlanır. Bizans hata toleransı (BFT) yaklaşımında Blokzincir sisteminde yer alan her cihaz, gerçekleştirilen her yeni veri girişini, verinin doğruluğunu kontrol eder onaylar. Daha sonra onaylanan işlemler imzalanarak ağ üzerinde paylaşılır. Çoğunluğun imzasını alarak onaylanan işlemler geçerlilik kazanarak blok içerisine işlenir hâle gelebilir.

Emek ispatı (proof of work-PoW) protokolünü kullanan bir blokzinciri yapısında blokzincirinin çalışma prensibi Şekil 1’de gösterilmektedir. Bu örnekte A kişisi B’ye bir gönderme yapmaktadır. Bu gönderme önce B kişisine ve tüm ağa yayımlanır. Yapılan tüm göndermeler P2P ağda öncelikle bir blok oluşturacak şekilde sıraya alınır. Blok tamamlanacak kadar gönderme sıraya alındığında konsensüs (uzlaşma) protokolü ile seçilen düğüm kriptografik özet fonksiyonu ile bloğu kapatır. Ardışık olarak sıralanan bloklar hesaplanan kriptografik özet fonksiyonları yardımı ile birbirine bağlanır.



Şekil 1. Blokzinciri Akış Diyagramı

2.2. Blokzincirinin Sağladığı Güvenlik Kolaylıkları

Sistemlerin güvenlik ihtiyaçları gizlilik (confidentiality), bütünlük (integrity) ve erişilebilirlik (availability) odağında ele alındığında blokzinciri;

- Blokları kapatırken kullandığı kriptolama fonksiyonu ile gizliliği,
- Yazılı veriyi bloklar arasında özet fonksiyonları ile kapatması sebebi ile bütünlüğü,
- Bir veya birden çok eş ağa dâhil olmasa bile diğer eşler üzerinden deftere erişimin sağlanabilmesi sebebi ile erişilebilirliği,
- Kullanılan açık anahtarlar yapısı ile kimlik denetimini,
- Sertifika yönetimi ve kayıt defterinin dağıtık yapısı ile kullanıcı ve bilginin doğruluğunun teyidini,
- Kayıt defterinin değiştirilemez yapısı ile sonradan kanıtlanabilirlik ve inkâr edilemezliği sağlamaktadır.

Blokzincirinin sağladığı güvenlik kolaylıkları milyonlarca kullanıcı tarafından yıllardır kripto para uygulamaları ile denenmekte ve başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Blokzinciri akıllı sözleşmelerle beraber yepyeni bir süreç içerisine girmiştir. Yepyeni kullanım alanlarına kavuşan blokzincir teknolojisinde kullanıcı sayılarının artması ile güvenlik, hız ve mahremiyet ile ilgili problem sahaları oluşmaya başlamıştır. Bu problemlere çözüm olarak farklı konsorsiyum protokolleri ortaya atılmış ve çözüm önerileri üzerine çeşitli akademik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar projelendirilerek çeşitli projeler ile hayata geçirilmiş ve blokzincirinin endüstriyel faaliyetlerde kullanımı bu sayede büyük bir atılım gerçekleştirmiştir. Yıllara sâri olarak genişleyen kullanım alanlarına ve uygulamalarda oluşan çeşitliliğe rağmen

blokzinciri tasarımı ile ortaya koyduğu güvenlik kolaylıklarını halen başarılı bir şekilde kullanıcılara sağlayabilmektedir.

3. KONU ÜZERİNE GERÇEKLEŞTİRİLEN ÇALIŞMALAR

Blokzincirinin depolama ve lojistik alanlarında kullanımına yönelik pek çok akademik çalışma ve uygulama mevcuttur.

3.1. Literatürdeki Çalışmaların Kapsamı

Literatürde var olan çalışmalar son zamanlarda yayımlanmış (2020) ve en az bir kez farklı bir kaynaktan referans gösterilmiş olma şartı ile seçilerek bu makalede kullanılmıştır. Bu bölümde yapılan incelemede ele alınan on altı çalışma özetlenmektedir. Blokzincirinin Lojistik yönetim amacı ile kullanımı konusunu ele alan tarama makaleleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Lojistik Yönetiminde Kullanımı İle İlgili Tarama Çalışmaları

Jain ve ark.	2020	Blokzinciri teknolojisinin lojistik endüstrisinde kullanımının (TAM ve SEM) müşteriler tarafından ne ölçüde anlaşıldığı ve kabul edildiği araştırılmıştır.
Koh ve ark.	2020	Nakliye ve lojistikte blokzincirin kullanımına ilişkin en son uygulama ve çalışmaları özetlenmiş ve gelecekteki kullanım alanlarına yönelik çıkarımlarda bulunulmuştur.
Issaoui ve ark.	2020	Akıllı lojistikte blokzincirin çeşitli uygulamaları tanımlanmış ve yapılmakta olan uygulamalar bilgi, ulaşım, finans ve yönetim olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır.
Batta ve ark.	2020	Blokzinciri teknolojisinin lojistik ve taşımacılık yönetim süreçlerine uygulanmasına yönelik yapılan çalışmalarla ilgili bir simetrik akademik çalışma incelemesi yapılmıştır ve gelecek uygulama alanlarına yönelik tavsiyelerde bulunulmuştur.
Orji ve ark.	2020	Blokzinciri teknolojisinin lojistikteki kullanım alanları teknoloji-organizasyon-çevre değişkenleri çerçevesinde analitik ağ süreci yöntemi kullanılarak önceliklendirilmiştir.
Pournader ve ark.	2020	Teknoloji, güven, ticaret ve izlenebilirlik/şeffaflık ana kümeleri üzerinde tedarik zinciri, lojistik ve nakliye yönetimi üzerine yayımlanmış blokzinciri konusundaki akademik çalışmalar incelenmiş ve bu konularda çıkarımlarda bulunulmuştur.
Müßigmann ve ark.	2020	Gelecekteki araştırmalara bir temel oluşturmak üzere blokzinciri teknolojisinin lojistik ve tedarik zinciri süreçlerine uygulanması konusundaki 613 akademik çalışmadan alınan verileri içeren bir bibliyometrik analiz sunulmuştur.
Tönnissen & Teuteberg	2020	Blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri ve lojistik yönetimi süreçlerindeki uygulama alanları incelenmiş, bu teknolojinin lojistik endüstrisi ve iş modellerine etkisine ilişkin çıkarımlarda bulunulmuştur.

Jain ve ark. (2020), blokzinciri teknolojisinin lojistikte kullanımı müşteri kabul oranını araştırmıştır. Algılanan kullanılabilirlik ve kullanım kolaylığı değişkenlerini ile bir müşteri teknoloji kabul modeli belirlemişlerdir. Blokzincirinin lojistik alanında kullanılabilir ve gelecek vadeden bir teknoloji olduğu vurgulanmıştır.

Koh ve ark. (2020), Johnson ve ark. (2020), Batta ve ark. (2020), Issaoui ve ark. (2020) ile Tönnissen ve Teuteberg (2020) çalışmalarında lojistikte blokzincirin kullanımı ile ilgili çalışmaları özetlemiş ve blokzincirinin gelecekte kullanım alanlarına yönelik çıkarımlarda bulunmuşlardır.

Orji ve ark. (2020) çalışmalarında Blokzincirinin lojistikte yönetiminde kullanım alanlarını analitik ağ süreci yöntemi kullanılarak önceliklendirmişlerdir.

Pournader ve ark. (2020) belirtilen diğer çalışmalar ile birlikte blokzinciri teknolojisinin lojistik yönetim süreçlerinde kullanım alanlarını tarama makalesi formatında ele almışlardır. Literatür taraması esnasında daha eski yıllarda yayımlanan tarama makaleleri sayıları kapsamları kısıtlı kalırken yeni tarihli çalışmalarda araştırmacıların bu teknolojinin farklı kullanım alanları üzerine yoğunlaştığı görülmektedir.

Müßigmann ve ark. (2020) blokzinciri teknolojisinin lojistik ve tedarik zinciri yönetim süreçlerindeki uygulama alanlarına yönelik oldukça genişletilmiş bir tarama makalesi kaleme almışlardır.

Mezquita ve ark. (2020) çalışmalarında, dağıtıcı ve müşteriler arasındaki aracı kurumların ortadan kaldıracak blokzinciri tabanlı lojistik yönetim sistemi önermişlerdir. Modelde, güvenliği artırılarak süreçlerin otomatikleştirilmesi sağlanmıştır.

Tan ve ark. (2020), blokzinciri tabanlı bir lojistik (green logistic) yönetim sistemi tasarlamışlardır. Nesnelerin interneti (Internet of things-IoT) cihazları fiziksel katmanda tasarlanan modele sensör olarak entegre edilmiştir. Modelin gerçekleştirildiği takdirde sağlayabileceği faydalar üzerinde durulmuştur.

Kifokeris ve Koch (2020), yapmış olduğu çalışmada malzeme ve para akışı ve verinin birbirine entegre edildiği blokzinciri tabanlı bir sistem önermişlerdir. Blokzinciri teknolojisi ile IoT'nin entegrasyonunun sağlayabileceği faydalar üzerinde durmuşlardır.

Irannezhad (2020), limanlarda kullanılan lojistik iş yönetim süreçleri (port community system-PCS) için blokzinciri tabanlı bir model önermiştir.

Humayun ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada IoT ve blokzinciri entegrasyonu ile şeffaf, güvenli, sonradan kanıtlanabilir ve inkâr edilemezliğin sağlandığı bir model tasarlanmıştır ve iki kullanım alanında da bu konu örneklenmiştir. Çalışmada SmaTaxi ve Dammam ve Rotterdam limanları arasındaki lojistik takip sistemi örnek olarak gösterilmiştir.

Ar ve ark. (2020), çalışmasında blokzincirinin lojistikteki kullanımını ile ilgili olarak Türkiye'de faaliyet gösteren büyük ölçekli lojistik firmaları üzerinde bir fizibilite çalışması yapmışlar ve konu ile ilgili çıkarımlarda bulunmuşlardır.

Hribernik ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada e-ticaretteki büyüme ile kurye, taşıma ve paket (courrier-express-packet-CEP) alanındaki problemlere çözüm getirmek üzere blokzinciri tabanlı bir model önermişlerdir.

Blokzinciri teknolojisinin lojistik yönetim sistemlerinde kullanımını ele alan çalışmalar ile bu çalışmalarda ele alınan teknolojiler Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3. Lojistik Yönetiminde Kullanımı İle İlgili Diğer Çalışmalar

Yazar	Yılı	Çalışmanın Kapsamı	Kullanılan Teknoloji
Tian ve ark.	2020	Kentsel lojistik zincirindeki müşteri, hizmet sağlayıcıları ve üçüncü otoriteler arasındaki şeffaflık problemini çözmek üzere bir model tasarlanmıştır.	BC, IoT ve ML (Modelleme)
Humayun ve ark.	2020	IoT ve blokzinciri entegrasyonu ile akıllı ulaşım ve lojistikte kullanılabilecek; şeffaflık, güvenlik sonradan kanıtlanabilirlik ve inkâr edilemezliğin sağlandığı bir model tasarlanmıştır.	IoT ve BC (Modelleme)
Tan ve ark.	2020	Fiziksel katmanda sensör olarak IoT cihazların kullanıldığı blokzinciri tabanlı bir yeşil lojistik takip sistemi modellenmiştir.	IoT ve BC (Modelleme)
Kifokeris ve Koch	2020	Materyal, ekonomik akış ve verinin birbirine entegre edildiği blokzinciri tabanlı bir sistem önerilmiştir. Bu model swimlane süreç akış diyagramında okuyucuya görsel olarak sunulmuştur.	IoT ve BC (Modelleme)
Hribernik ve ark.	2020	E-ticaretteki büyüme ile CEP sektöründeki sorunlara çözüm getirmek için blokzinciri tabanlı bir model sunulmuştur.	IoT ve BC (Modelleme)
Ar ve ark.	2020	AHP'yi sezgisel bulanık teori altında VIKOR'a dahil eden çok kriterli bir karar destek modeli kullanılmıştır.	BC, VIKOR Bulanık mantık (Modelleme)
Mezquita ve ark.	2020	Distribütör ve müşteriler arasındaki çok sayıda aracı kurum ile üçüncü tarafın da dahil olduğu lojistik hizmetlerinin daha yönetilebilir hale getirilmesini sağlamak üzere blokzinciri tabanlı bir sistem önerilmiştir.	BC (Modelleme)
Irannezhad	2020	Limanlarda kullanılan lojistik iş yönetim süreçlerinde işlem maliyetini düşürmek için blokzinciri tabanlı bir çözüm sunulmuştur.	IoT ve BC (Modelleme)

Tablo 4'te ana ürün olarak blokzincir teknolojisini kullanan en büyük ekonomiye sahip 48 şirket listelenmiştir. Blokzincir teknolojisinin kullanım alanları dikkate alındığında yoğunluklu olarak değer transferi ve bankacılık sektörünün öne çıktığı görülmektedir.

Tablo 3 ile veilen çalışmalar değerlendirildiğinde, bu çalışmaların blokzinciri teknolojisini askeri uygulamalarına değinmediği görülmektedir. Genel literatür taramasına bakıldığında bu teknolojinin askeri bilgi sistemleri üzerine uygulamaları üzerine çok fazla yayına yer verilmediği anlaşılmaktadır. Tablo 4 ile listelenen blokzincir çözümü üreten endüstriyel ve özel kuruluşlarında askeri uygulamalara henüz yönelmemiş olduğu tespit edilmektedir.

Konu bu kapsamda ele alındığında sunmakta olduğumuz model, blokzincir teknolojisinin doğrudan askeri elektronik ve bilgi sistemlerinde uygulanabilirliğine yönelik bir örnek teşkil etmektedir. Literatür taraması ile özetlenen çalışmalara paralel olarak askeri bir uygulama için modellenen lojistik takip sisteminde IoT, blokzincir teknolojisinin kullanılması planlanmıştır.

Verilen model ile askeri lojistik sistemlerde blokzincirinin tutulan kayıtlarda sağladığı güvenliğin yanında, inkar edilemezlik özelliği ile kritik malzemenin takibinde daha sonra yapılabilecek tahkikat ve soruşturmalara delil niteliğinde sağlam veri sağlayabilmesi hedeflenmektedir.

Tablo incelendiğinde özellikle lojistik yönetimi ve gıda zinciri gibi, depolama ve nakliye kayıtlarında araçları ortadan kaldırıldığı çözümlerin de tabloda kendilerine yer bulduğu anlaşılmaktadır. Yapılmakta olan çalışma ve faaliyet alanları dikkate alındığında lojistik alanda blokzinciri kullanımının hayata başarılı bir şekilde geçirilebileceği görülmektedir.

Tablo 4. Endüstriyel Blokzincir Çözümleri

Japan Exchange Group Blockchain Consortium	Walmart Blockchain for Food Safety	Ubitquity Blockchain in Real Estate
HYPR and Blockchain Biometrics	Whaleclub Trading Supported by Blockchain	EasyBit Expands Bitcoin ATM Network to Vietnam
Blockchain Technology as Medium to Declare Love and Marriage	Bitcoin Boosts Solar Energy Industry	LO3 Energy and Siemens Blockchain for Microgrids
MasterCard Blockchain APIs	ConsenSys and UAE Partnership for Blockchain Projects	People's Bank of China Digital Currency
China Halts withdrawals of Bitcoin	Huiyin Group Bitcoin Fund	BitFury Group and Blockchain
Reserve Bank of India Blockchain Technology for Trade Applications	YES Bank to Multi-nodal Blockchain Solution for Bajaj Electricals	European Bank Digital Trade Chain
BTL Group to Test Interbit Platform with Energy Companies	BNP Paribas Test Blockchain-Based Real-Time Corporate Payments	WISeKey to Establish IoT Blockchain Center of Excellence
ARK Crew Testnet for Blockchain	ICICI Bank and NBD Blockchain-based Transactions	PAXOS Blockchain for Gold Settlement with Euroclear
Microsoft and BAML Blockchain Improve Trade Finance	Mahindra Group Blockchain Solution with IBM	Chitkara University Blockchain for E-Documents
UBS Expands Blockchain in China	IBM China and UnionPay Permissioned Blockchain Network	IBM and Beijing Energy-Blockchain Labs Use Blockchain for Carbon Trading
European Central Bank and Japan Central Bank Explore Blockchain	OneCoin Enhanced Blockchain	Sompo Japan Use Blockchain for Catastrophe and Weather Derivatives
Singapore Blockchain for Electronic Payment System	Accenture and Digital Asset Holdings Blockchain Practice	RISE Financial Technologies Post-Trade Blockchain Technology
VISA to Introduce Blockchain-Based Solution for Payment Services	Chain Inc. Released Open Source Blockchain Protocol	Colu and Blockchain-Based Currencies
DigitalX Partnership with Telefonica	Eris Industries Partners with Ledger Improve Blockchain Hardware Security	Monax Industries Partnership with Ledger for Blockchain Hardware Security
Electron Ethereum Blockchain in UK Energy Sector	Bank of Russia Tests Masterchain	GoCoin Merges with Ziftr
Tunisia National Payment Platform	Digital Asset Acquired Elevence	NASDAQ Blockchain in Private Market with Chain Inc.

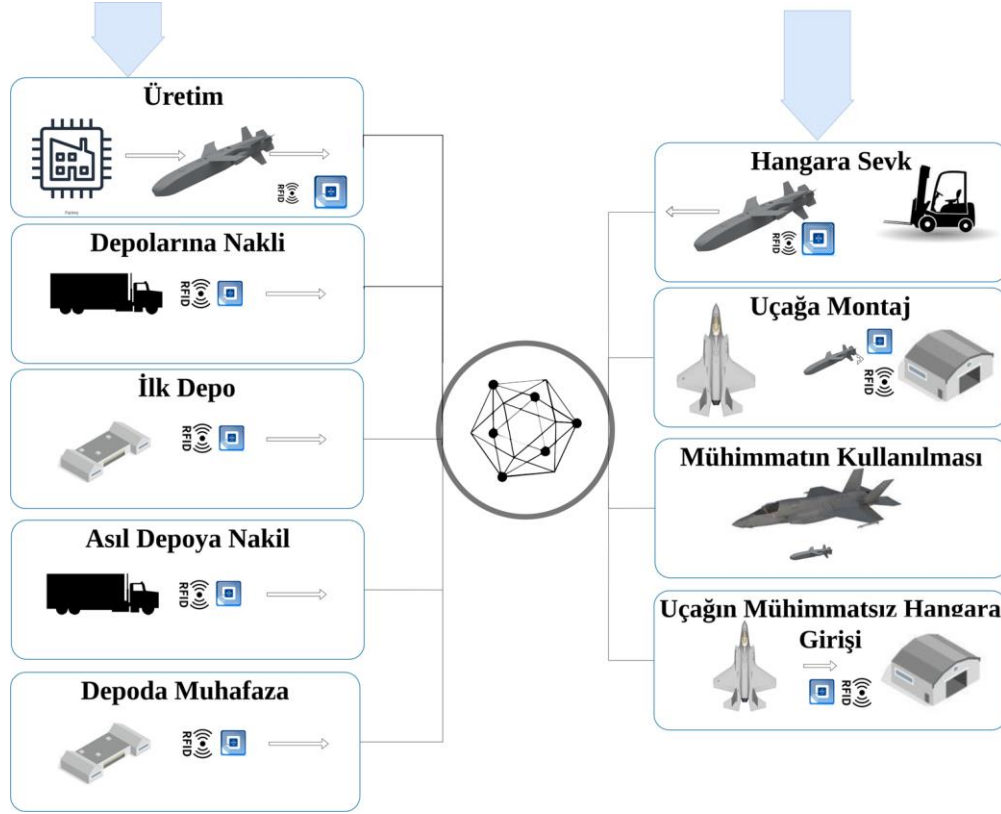
Yapılan çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde blokzinciri teknolojisinin lojistik, malzeme nakli, depolama ve stok yönetimi konularında kullanımının giderek yaygınlaştığı tespit edilse de bu alanda değerlendirilmesi gereken ciddi bir çalışma alanı bulunduğu görülmektedir. Yapılan tüm çalışmalarda araştırmacılar için bir fırsat olarak değerlendirilmiş yeni bir çalışma alanı olarak tanımlanmıştır.

4. ÖNERİLEN MODEL

Hava Kuvvetleri tarafından harekât sahasında kullanılmakta olan akıllı silah sistemleri düşman hava savunma sistemlerinin etkili menziline girmeden hedeflerin büyük bir doğrulukla vurulmasını sağlayan ve durağan satih hedeflerine ve hareketli su üstü hedeflere karşı etkin bir şekilde taarruz kabiliyeti bulunan uzun menzilli taktik silahlardır.

Günümüzde bu silahlar milli imkânlar dâhilinde ARGE çalışmaları yapılarak geliştirilmekte ve test edilerek kullanıma verilmektedir. Bu silahların hava harekâtında etkili kullanımını operasyonun başarısını doğrudan etkileyebilecek öneme sahiptir. Ayrıca silahların gerektiği anda etkili olarak kullanımını sağlayabilmek için uygun depolanma nakliye ve montaj şartlarının mutlaka sağlanması gereklidir.

Bu çalışmada önerilen blokzinciri tabanlı akıllı hava mühimmatı lojistik takip sistemi Şekil 2’de sunulmaktadır.



Şekil 2. Önerilen Model

Tasarlanan model fiziksel, akıllı anlaşma, veri ve sayısal olmak üzere toplam üç katmandan oluşan bir yapı içerisinde teşkil edilmiştir. Fiziksel katman taşıma kutusu üzerine montajlı radyo frekansı ile tanımlama (radio-frequency identification-RFID) teknolojisi ile ısı ve nem sensörü ve bu sensörlerin veri çıkışını sağlayan ağ bağlantı cihazı ile sağlanmaktadır. Akıllı anlaşma, kullanılan konsensüs modelini ve modeldeki değişkenlerin tiplerine göre görevlerini tanımlar. Veri ise blokzinciri içerisinde bloklara yazılarak tutulacak olan veridir. Kullanılan silahların taşınması ve depolanması büyük dikkat gerektirmektedir. Ayrıca gerekli depolama şartlarının sağlanabilmesi için silahlar, montajları yapılanaya kadar özel olarak tasarlanmış kutularda muhafaza edilmelidir. Bu sebeple model kapsamında fiziksel katmanı oluşturan cihazların taşıma kutularına monte edilmesi planlanmıştır. Tasarlanan modelde mühimmat kutularına RFID ve diğer cihazlar IoT olarak tanımlanmış ve mühimmat kutularının kablosuz bağlantı ile saklama koşulu bilgilerini düzenli olarak merkezi sistemle paylaştığı kabul edilmiştir.

5. ÖNERİLEN MODELİN GERÇEKLENMESİ

5.1. Hyperledger’da Modelin Gerçeklenmesi

Modelde belirtilen akıllı anlaşma katmanı bir uygulama ile HyperLedger Fabric arayüzü üzerinde test edilmiştir. Bu kapsamda Hyperledger Fabric, Hyperledger Composer Playground ve diğer programlama gereksinimleri, 8 GB RAM, 500 GB sabit disk ve Intel i5 2.6 GHz işlemciye sahip, üzerinde Ubuntu 18.04 işletim sistemi kurulu bir bilgisayar üzerine tesis edilmiştir. Yazılan akıllı anlaşma ve script dosyaları Hyperledger Composer Playground üzerinde denenmiştir. Uygulama geliştirilirken Hyperledger Fabric, Virtualbox sanallaştırma ortamında kurulu Ubuntu Trusty 64 ve Docker Container sanal makineleri üzerinde çalıştırılmıştır. Sanal makineler Vagrant kullanılarak yönetilmiştir. Veritabanı olarak CouchDB sanal makineleri kullanılmıştır. İşlem günlükleri ve varlıkların güncel durumunu korumak üzere her eş için ayrı veritabanı tanımlanmıştır. Hyperledger Fabric’te tanımlanan IoT terminal ve gate terminal kullanıcıları için bir kanal, operator kullanıcısı için ayrı bir kanal ve her kanal için ayrı bir sertifika yetkilisi tespit edilmiştir. Sertifikaların teyidi ve kullanıcı kimlik doğrulaması Üyelik Hizmet Sağlayıcısı (MSP) tarafından sağlanmıştır. Akıllı sözleşme kural tablosu ile IoT terminal ve gate terminal kullanıcılarına yazmak ve okumak için izin verilirken, operator kullanıcılarına sadece okuma izni tanımlanmıştır. Dağıtımda kolaylık sağlaması için SOLO konsensüs protokolü tercih edilmiştir. Değişken tanımlamaları için modeldeki hangar vb. ortam geçişleri “gate” değişkeni, cihazın nem ve ısı bilgisini paylaşan IoT bağlantısı “IoT” değişkeni ile tanımlanmıştır. Değişken tanımlamaları Şekil 3’te gösterilmektedir.

```

asset IoTtrack identified by IoTtrackId{
  o String    IoTtrackId
  o tapa     tapa optional
  o Long     trackNumber
  o DateTime  trckTime optional
  o String   zimmet optional
  o Isnem    isnem
}

asset Gatetrack identified by GatetrackId{
  o String    GatetrackId
  o tapa     tapa optional
  o Long     trackNumber
  o DateTime  trckTime optional
  o String   zimmet optional
  o Isnem    isnem
}

```

Şekil 3. Değişken Tanımlamaları

Abstract participant olarak AIRLOJparticipant tanımlanmış, abstract participant’tan IoTterminal, Gateterminal, Operator (kayıtarı görme yetkisi verilmiş sistem malzeme zimmet yöneticisi) ve NetworkAdmin participant üretilmiştir. Üretilen participant’lar Şekil 4’te gösterilmektedir.

```

abstract participant AIRLOJparticipant identified by participantId{
  o String participantId
}
participant IoTterminal extends AIRLOJparticipant {
}
participant Gateterminal extends AIRLOJparticipant {
}
participant Operator extends AIRLOJparticipant {
}
participant NetworkAdmin extends AIRLOJparticipant {
}

concept Isnem {
  o Long isi
  o Long nem
  o DateTime trckTime
}

transaction createiotTrack {
  o Long trackNumber
  o Long isi
  o Long nem
  o DateTime trckTime
}

transaction creategateTrack {
  o Long trackNumber
  o Long isi
  o Long nem
  o DateTime trckTime
}

```

Şekil 4. Katılımcıların Tanımlanması

Akıllı anlaşma içerisinde IoT ve Gate Operator participant'a okuma yetkisi tanımlanması ve Operator participant'a yazma yetkisi verilememesi Şekil 5'te gösterildiği gibidir.

```

rule IoTTERMINALCanReadEverything {
  description: "Allow IoT participants read access to all resources"
  participant: "org.turaf.airloj.weapon.IoTterminal"
  operation: READ
  resource: "*"
  action: ALLOW
}
rule GateTERMINALCanReadEverything {
  description: "Allow Gate participants read access to all resources"
  participant: "org.turaf.airloj.weapon.Gateterminal"
  operation: READ
  resource: "*"
  action: ALLOW
}
rule OperatorCanReadEverything {
  description: "Allow Operator participants read access to all resources"
  participant: "org.turaf.airloj.weapon.Operator"
  operation: READ
  resource: "*"
  action: ALLOW
}
/**
 * IoT vs. Gate vs. Operator access control submit.
 */
rule IoTTERMINALCanSubmitEveryTransaction {
  description: "Allow IoT participants to submit every transaction"
  participant: "org.turaf.airloj.weapon.IoTterminal"
  operation: CREATE
  resource: "*"
  action: ALLOW
}
rule GateTERMINALCanSubmitNationalTransactions {
  description: "Allow Gate participants to submit transactions"
  participant: "org.turaf.airloj.weapon.Gateterminal"
  operation: CREATE
  resource: "*"
  action: ALLOW
}

```

Şekil 5. Yetkilendirmelerin Tanımlanması

5.2. Modelin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada oluşturulan model sadece akıllı silah sistemlerinin lojistik takibi göz önünde bulundurularak örneklenmiştir. Tasarlanan model için üretilmesi gereken kayıt hazını saniyede 3500 gönderme işlemi yapabilen Hyperledger Fabric altyapısının rahatlıkla kaldırabileceği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte ağ genişledikçe ortaya çıkacak problemler ile ilgili detaylı analiz yapılması gerekmektedir. Model daha geniş bir ağ için tasarlanacaksa sistem üzerinde tesis edilecek sensörlerin ve algılayıcı cihazların topolojik bağlantılarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Dar kapsamlı bir ağda algılayıcılar daha statik kalacağından blokzincirinin gerektirdiği matematiksel işlemler, bu cihazların bağlı oldukları daha büyük bir makine tarafından gerçekleştirilebilir. Sisteme genişledikçe topolojiye yeni sistem ve algılayıcıların eklenmesi söz konusu olacaktır. Bu durumda mimari yapının kablosuz algılayıcı ağ fiziksel kapasite ve ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurularak yeniden tasarlanmasına ihtiyaç duyulabileceği değerlendirilmektedir. Tasarlanan modele dâhil edilecek cihaz sayısı arttıkça birim zamanda üretilecek onaylama gönderme hızının da daha verimli olabilecek holochain, hashgraph gibi dağıtık kayıt defteri yapılarında gerçekleşmesi veya uygulamaya özel veri yapısı, konsensus ve ağ mimarisinin tasarlanması uygulanabilirliği arttıracaktır.

6. SONUÇ

Blokzinciri gelecek vadeden bir teknoloji olarak popülerliğini korumaya devam etmektedir. Bu teknolojinin lojistik yönetimi konusunda başarılı bir şekilde kullanılabilmesi değerlendirilmektedir. Blokzinciri teknolojisinin askeri teknolojilerde kullanımı ile ilgili literatürde yeterli miktarda çalışma bulunmamaktadır. Bu teknolojinin özellikle askeri haberleşme güvenliği konularında kullanımı bu konu üzerinde çalışmak isteyenler için değerlendirilmesi gereken bir fırsat olarak görülmelidir. Bu çalışmada akıllı hava mühimmatlarının ve silah sistemlerinin lojistik kayıtlarının oluşturulabileceği ve takip edilebileceği blokzinciri tabanlı bir sistem önerilmiştir. Çalışma, sonraki versiyonunda genişletilmiş aptal kod eklenerek geliştirilecektir. Eğitim amaçlı kurulmuş geniş bir blokzinciri ağında modelin gerçekleştirilerek test edilmesi hedeflenmektedir. Farklı konsensiyum protokollerine sahip arayüzler kullanılarak bir performans değerlendirmesi gerçekleştirilecektir.

Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye katkıları eşit orandadır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

Ar, I.M., Erol, I., Peker, I., Özdemir, A.I., Medeni, T.D. & Medeni, I.T., (2020). Evaluating the feasibility of blockchain in logistics operations: A decision framework. *Expert Systems with Applications*, 158, 113543.

- Batta, A., Gandhi, M., Kar, A.K., Loganayagam, N. & Ilavarasan, V., (2020). Diffusion of blockchain in logistics and transportation industry: An analysis through the synthesis of academic and trade literature. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 12(3), 378-398.
- Dorri, A., Kanhere, S.S., Jurdak, R. & Gauravaram, P., (2019). LSB: A Lightweight Scalable Blockchain for IoT security and anonymity. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 134, 180-197.
- Hribernik, M., Zero, K., Kummer, S. & Herold, D.M., (2020). City logistics: Towards a blockchain decision framework for collaborative parcel deliveries in micro-hubs. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 8, 100274.
- Humayun, M., Jhanjhi, N.Z., Hamid, B. & Ahmed, G., (2020). Emerging smart logistics and transportation using IoT and blockchain. *IEEE Internet of Things Magazine*, 3(2), 58-62.
- Irannezhad, E., (2020). The Architectural Design Requirements of a Blockchain-Based Port Community System. *Logistics*, 4(4), 30.
- Issaoui, Y., Khiat, A., Bahnasse, A. & Ouajji, H., (2020). Smart Logistics: Blockchain trends and applications. *Journal of Ubiquitous Systems & Pervasive Network*, 12(2), 9-15.
- Jain, G., Singh, H., Chaturvedi, K.R. & Rakesh, S., (2020). Blockchain in logistics industry: in fizza customer trust or not. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(3), 541-558.
- Johnson, A., McCurdy, D., Schechter, D. & Loch, K., (2020, Ocak, 7-10). *Hot or Cold... How Ready are Third Party Logistics Cold Storage Companies to Implement Blockchain?* 53rd Hawaii International Conference on System Sciences. Hawaii, 5308-5317.
- Karaarslan, E. & Konacaklı, E., (2020). Data Storage in the Decentralized World: Blockchain and Derivatives. Gülseçen, S., Sharma, S.K. & Akadal, E. (Editör), *Who Runs the World: Data*, İstanbul University Press, İstanbul.
- Kaya, Ö.F., Benli, V.F. & Yetgin, F., (2020). Varlığa dayalı finansman işlemlerinde Blokzincir etkisinin analizi: Gayrimenkul sertifikaları ve Blokzincir entegrasyonu, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 19(37), 57-63.
- Kifokeris, D. & Koch, C., (2020). A conceptual digital business model for construction logistics consultants, featuring a sociomaterial blockchain solution for integrated economic, material and information flows. *Journal of Information Technology in Construction*, 25(29), 500-521.
- Koh, L., Dolgui, A. & Sarkis, J., (2020). Blockchain in transport and logistics—paradigms and transitions. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2054-2062.
- Konacaklı, E., (2019). *Ulusal güvenlik için blokzinciri tabanlı siber güvenlik modeli*. [Yüksek Lisans Tezi], Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 50.
- Mezquita, Y., Casado-Vara, R., González Briones, A., Prieto, J. & Corchado, J.M., (2020). Blockchain-based architecture for the control of logistics activities: Pharmaceutical utilities case study. *Logic Journal of the IGPL*, 29(6), 974-985.

- Müßigmann, B., Von der Gracht, H. & Hartmann, E., (2020). Blockchain technology in logistics and supply chain management—a bibliometric literature review from 2016 to January 2020. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(4), 988-1007.
- Nakamoto, S., (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Whitepaper. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> adresinden 01 Mart 2022 tarihinde alınmıştır.
- Orji, I.J., Kusi-Sarpong, S., Huang, S. & Vazquez-Brust, D., (2020). Evaluating the factors that influence blockchain adoption in the freight logistics industry. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 141, 102025.
- Pournader, M., Shi, Y., Seuring, S. & Koh, S.L., (2020). Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2063-2081.
- Tan, B.Q., Wang, F., Liu, J., Kang, K. & Costa, F., (2020). A blockchain-based framework for green logistics in supply chains. *Sustainability*, 12(11), 4656.
- Tian, Z., Zhong, R.Y., Vatankhah Barenji, A., Wang, Y.T., Li, Z. & Rong, Y., (2020). A blockchain-based evaluation approach for customer delivery satisfaction in sustainable urban logistics. *International Journal of Production Research*, 2229-2249.
- Tönnissen, S. & Teuteberg, F., (2020). Analysing the impact of blockchain-technology for operations and supply chain management: An explanatory model drawn from multiple case studies. *International Journal of Information Management*, 52, 101953.