

BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN TEDARİK ZİNCİRİ VE LOJİSTİK FAALİYETLER ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Gökhan KIRBAÇ

BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN TEDARİK ZİNCİRİ VE LOJİSTİK FAALİYETLER ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Gökhan KIRBAÇ

yaz
yayınları

2023

**BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN
TEDARİK ZİNCİRİ VE LOJİSTİK
FAALİYETLER ÜZERİNE ETKİLERİ**

Yazar: Dr. Gökhan KIRBAÇ

ORCID NO: 0000-0002-0848-4535

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-6524-51-4

Ekim 2023 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ.....	1
1. BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ.....	5
1.1. Blokzinciri Teknolojisinin Teknik Özellikleri	16
1.1.1. Merkezi Olmayan (Decentralized).....	18
1.1.1.1. Dağıtık Defter Teknolojisi (Distributed Ledger Technology).....	18
1.1.1.2. Dijital Kimlik (Digital ID)	20
1.1.1.3. Hesap Verebilirlik (Accountability) .	21
1.1.1.4. Eşler Arası Ağ (Peer to Peer/P2P Network).....	22
1.1.2. Akıllı Sözleşmeler (Smart Contracts).....	24
1.1.2.1. Ödeme Ağı (Payment Network).....	27
1.1.2.2. Kayıt Tutma (Record-Keeping)	29
1.1.3. Şeffaflık ve İzlenebilirlik (Transparency and Traceability)	30
1.1.3.1. Veri Gizliliği ve Güvenliği (Data Privacy and Security).....	33
1.1.3.2. Değişmezlik (Tamper Resistant and Immutable).....	34
1.1.3.3. Fikir Birliği ve İş Kanıtı (Consensus and Proof of Work/PoW).....	36

1.1.3.4.Kriptografi ve Hash fonksiyonları (Cryptography and Hash Functions) .	38
1.2. Blokzinciri Teknolojisinin Tedarik Zinciri Yönetiminde Kullanılması.....	40
1.3. Blokzinciri Teknolojisinin Tedarik Zincirine Getirdiği Avantajlar	46
1.4. Blokzinciri Teknolojisine Geçişte Yaşanabilecek Zorluklar	55
1.4.1. Teknik ve Teknolojik Zorluklar	56
1.4.1.1. Ölçeklenebilirlik (Scalability).....	57
1.4.1.2. Gizlilik ve Güvenlik Sorunları	58
1.4.1.3. İşlem Performansı	58
1.4.1.4. Yazılım Sorunları ve Siber Saldırıları.....	59
1.4.1.5. Çatallaşma (Fork)	60
1.4.1.6. Şifreleme ve Kuantum Bilgisayarlar	60
1.4.1.7. Finansal Kullanım Açısından Zorluklar	61
1.4.2. İşletmeler Açısından Yaşanabilecek Uygulama Zorlukları.....	63

1.4.2.1. Bilgi ve Uzmanlaşmış İnsan Kaynağı Eksikliği.....	65
1.4.2.2. Blokzinciri İhtiyaç Analizi Eksikliği.....	65
1.4.2.3. Yatırım Maliyeti	66
1.4.2.4. Yüksek Enerji Tüketimi	67
1.4.2.5. Yasal Düzenlemeler ve Regülasyonlar	68
1.4.2.6. Uygulama Zorlukları	68
2. BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	71
2.1. Blokzinciri Teknolojisi Vaka Analizi (Case Study) İncelemesi.....	72
2.1.1. IBM ve Maersk Ortaklığında Geliştirilen TradeLens Platformu Vaka Analizi İncelemesi.....	72
2.1.2. Walmart Vaka Analizi İncelemeleri.....	74
2.1.3. IBM Gıda Güvenilirliği (Food Trust) Vaka Analizi İncelemeleri	75
2.1.4. Diğer Vaka Analizi İncelemeleri.....	77
2.2. Blokzinciri Mimarisi İle İlgili Ele Alınan Çalışmalar	85
2.2.1. Bitcoin.....	88

2.2.2. Ethereum.....	89
2.2.3. Hyperledger	93
2.2.4. Ripple.....	95
2.2.5. Corda.....	96
2.2.6. Microsoft Azure.....	97
2.2.7. NEO	98
2.2.8. Stratis.....	98
2.3. Blokzinciri Teknolojisinin Tedarik Zinciri	
Aısından Ele Alınan Çalışmalar.....	99
SONUÇ	109
KAYNAKÇA	121

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

GİRİŞ

Günümüzde modern tedarik zinciri ve lojistik yapısı giderek daha karmaşık, geniş ve global bir hale gelmektedir. Dünyanın herhangi bir yerinde meydana gelen bir olay yine dünyanın herhangi bir yerindeki üretimi ya da bir hizmetin son tüketiciye ulaştırılmasını etkileyebilmektedir. Dolayısıyla ürün ya da hizmet tedarikğinde bir bileşenin veya hizmetin kesintiye uğraması lojistik ve tedarik zinciri boyunca işletmeye hem finansal hem de güven açısından ciddi zararlar verebilir.

Bununla beraber neredeyse dünyanın bütün bölgelerine kadar uzanan karmaşık lojistik ve tedarik zinciri yapısı aracılığıyla her gün milyarlarca ürün üretilip son tüketim noktalarına dağıtılmaktadır. Ancak bu ürünlerin yaşam döngüsü boyunca nasıl, ne zaman ve nerede üretilip tüketildiklerine dair çok kısıtlı bilgi akışları mevcuttur. Söz konusu bu ürünler son tüketiciye ulaşmadan önce genellikle geniş bir perakendeci ağı üzerinde hareket ederler. Bu hareket boyunca tasarım, üretim, teslimat ve satışa katılan tüm dağıtıcılar, taşıyıcılar, depolama tesisleri ve tedarikçiler ürünlerin görünmeyen boyutunu oluştururlar.

Bu kapsamda ürün yaşam döngüsü boyunca kısıtlı bilgi akışının ortadan kaldırılması için lojistik ve tedarik zinciri yapısının tamamının şeffaflığı ve izlenebilirliği kritik öneme sahiptir. Şeffaf ve izlenebilir bir tedarik zinciri yapısı tedarikçiler açısından dolandırıcılığı önlemeye, hataları minimize etmeye, zaman tasarrufu elde etmeye, stok yönetimini iyileştirmeye, depolama faaliyetlerini iyileştirmeye, dağıtım giderlerini azaltmaya, daha az atık ürün ve teslimat gecikmelerini sağlamaya yardımcı olur.

Tedarik zinciri ve lojistik kavramlarının sürdürülebilir iyileşmesinin sağlanmasında şeffaflık ve izlenebilirlik kavramları kritik öneme sahiptir. Aynı şekilde tedarik zinciri performansını etkileyen kritik faktörlerin de doğru bir şekilde belirlenip yönetilmesi son derece önemlidir. Bu çalışmanın amacı günümüzde en güncel çalışma konularından birisi olan blokszinciri (blockchain) teknolojisinin potansiyel kullanım ve uygulama alanlarının lojistik ve tedarik zinciri performansının artırılmasının sağlanmasında ve iş akışlarını yeni bir boyuta getirmesi için hem kavramsal hem de uygulama açısından incelenmesidir. Blokszinciri teknolojisi işlemlerin kaydedilmesi ve varlıkların bir ağda izlenme sürecini kolaylaştıran, paylaşılan ve dağıtık bir kayıt şeklidir. A'dan B'ye herhangi bir aracı olmaksızın kripto para transferi sağlamasının yanında birçok farklı çözümler de sunmaktadır. Blokszincir teknolojisi, tek bir noktadan işlemlerin yapılmasına imkân verirken, işlem masrafları ve süre açısından da önemli tasarruflar sağlamaktadır. Blokszinciri teknolojisi ilk olarak finans sektöründe çıkmış olmasına rağmen kavram kanıtlama sürecini tamamladıktan sonra şu an için kendisine diğer birçok sektörlerde de uygulama alanı bulmaktadır. Uygulama alanlarının her geçen artması ve blokszinciri teknolojisinin kullanımına dair farkındalığın çoğalması bu teknolojinin önemini daha da artırmaktadır. Bunun neticesi olarak hem sektörel anlamda hem de kurumsal anlamda bir blokszinciri ekosisteminin oluşturulması için birçok paydaş bu alan üzerindeki çalışmalarına ve araştırmalarına hız kazandırmıştır.

Diğer yandan dış ticaret süreçlerinde bir ithalat ve ihracat işlemi düşünüldüğünde süreç içerisinde birçok taraf bulunmaktadır. Bu süreçlerdeki akış ile ilgili örnek vermek gerekirse bir ihracat işleminde göndericiler, üçüncü veya dördüncü parti lojistik hizmet sağlayıcılar, intermodal

taşımacılar, nakliyeciler, gemi hatları, liman ve terminaller, gümrükler, finansal hizmet sağlayıcılar, bankalar, vb. gibi birçok taraf yer almaktadır. Bahsedilen bu taraflar arasında sürekli ve çift yönlü tedarik zinciri boyunca ürün, malzeme, hammadde, bilgi ve para akışı gerçekleşmektedir. Bu akışın doğru bir şekilde yönetilmesi ve kontrol edilmesi bütün taraflar açısından son derece önemlidir. Söz konusu tedarik zinciri boyunca gerçekleşen bu akış ve içerisindeki lojistik faaliyetlerin yönetilebilmesi için blokzinciri teknolojisinin kullanılmasına yönelik çalışmalar ve uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Blokzinciri teknolojisinin potansiyel uygulama alanlarına bakıldığında teknolojinin ilk çıkış noktası olan para transferi ve finans alanında ki uygulama genişliğinden sonra tedarik zinciri ve lojistik alanında ki kullanım potansiyeli gelmektedir. Bu kapsamda ele alınan çalışma tedarik zinciri ve lojistik sektörlerinin blokzinciri teknolojisinden beklentileri ve uygulama aşamaları üzerinde kurgulanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ

Bitcoin'in ortaya çıkışıyla birlikte adından sıklıkla söz ettiren ve özel ya da kamu çalışma hayatından gündelik hayata varana kadar kapsamlı değişiklikler getiren blokzinciri, veri ve varlıkların çeşitli amaçlarla transferini gerçekleştirmeye, işlem kayıtlarının güvenli bir şekilde dijital ortamda tutulmasına imkân sağlayan bir teknolojidir (Blockchain Türkiye Platformu, 2019: 8).

Bitcoin kavramı ise ilk olarak 30 Ekim 2008 tarihinde Satoshi Nakamoto tarafından yayımlanan “Bitcoin: Uçtan Uca Elektronik Nakit Sistemi” makalesinde ortaya çıkmıştır. Ardından 3 Ocak 2009 tarihinde üretilen başlangıç bloğu ile Bitcoin'in üretim aşamaları ve kriterleri belirlenmiştir. Belirli kurallar kapsamında dijital olarak üretilen ve başka herhangi bir fiziki kopyası olmayan Bitcoin kripto para birimi olarak adlandırılmıştır. Bitcoin, blokzinciri teknolojisi ile merkezi bir sisteme ve hiçbir aracıya ihtiyaç duymadan taraflar arasında değiş tokuş aracı olarak kullanılabilir (Nakamoto, 2008: 1). Bu yüzden blokzinciri merkezi olmayan bilgi teknolojilerinde çığır açan bir yenilik olarak görülmektedir.

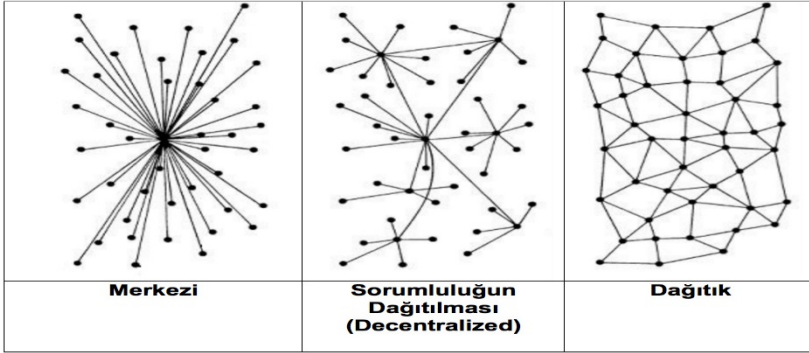
Küresel anlamda Endüstri 5.0 dönemini yaşadığımız bilgi toplumu içerisinde bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızlı değişimi dünyayı daha yoğun bir şekilde teknoloji odaklı hale getirmiştir ve bu durum bize endüstriyel anlamda yeni bir düşünme biçimini tasarlamamızı gerekli kılmıştır. Blokzinciri teknolojisi bu yeni düşünce biçiminin en devrimsel sonuçları olacak ürünlerinden birisi olarak görülmektedir. Özellikle blokzinciri mevcut düzeni ve sistemi büyük ölçüde değiştireceği için yıkıcı (disruptive) bir teknoloji olarak adlandırılmaktadır.

Bu teknolojinin bütün teknik detaylarıyla anlaşılabilmesi ve uygulanabilmesi için sistematik bir süreç içerisinde deneyim kazanılması beklenmelidir. Her yeni teknolojiye olduğu gibi, blokszincirinde de kavram kanıtlaması süreci tamamlanmış ve deneysel süreçlerin pilot ve uygulama aşamalarına, bu uygulamaların da nihai ürüne dönüştürülmesi sürecine geçilmiştir. Ayrıca blokszinciri diğer teknolojilerden ayıran en belirgin özelliği ise beraberinde getirdiği fikir birliği yapısı ile birçok farklı sektörler arası işbirlikleri, konsorsiyumlar ve platformlar gibi yerlerde takım çalışması ya da birlikte çalışma kavramlarını kolaylaştırmasıdır. Bu yüzden yeni bir düşünce sistemi olarak ortaya çıkan bu teknoloji, ekosistemlerin önemini daha da artırırken, öznel şirketlerin ürün ve hizmetlerinden ziyade, birlikte katma değer oluşturabilen ekosistemleri daha fazla ön plana çıkarmaktadır.

Genel bir ifadeyle tanımlamak gerekirse blokszinciri özünde merkezi olmayan ve güvenli yöntemlerle birlikte tutulan güvenilir bir veri tabanının teknik bir planıdır (Tian, 2016). Bu teknoloji, ağındaki verilerin silinmesine, kaybolmasına ya da değiştirilmesine imkân vermeyen dağıtık bir veri depolama sistemidir. Diğer bir ifadeyle merkezi bir otoriteye ya da aracıya bağlı olmadan doğrulama işlemlerini yapabilen ve güvenli bir şekilde işlemleri kaydeden bir teknolojidir.

Şekil 1’de merkezi (centralized), merkezi olmayan/sorumluluğun dağıtılması (decentralized) ve dağıtık (distributed) şeklinde üç farklı yapıya ait şekiller gösterilmiştir. Burada blokszinciri teknolojisinin yapısı merkezi otoriteye ihtiyaç duymayan dağıtık yapılar içerisinde yer alır.

Şekil 1. Merkezi, Merkezi Olmayan ve Dağıtık Yapılar



Blokzinciri teknolojisi, matematik bilimi ve kriptoloji kavramından yararlanarak merkezi bir otoriteye gerek duymadan ortaya çıkmış bir güven mekanizmasıdır. Basit bir ifadeyle, blokzinciri yapısı bir bilgisayar ağı gibi işlem görür ve burada bilgisayar sahipleri bu ağ yapısının temel yapı taşlarını oluşturur (Fersht ve diğerleri, 2019). Diğer bir deyişle bu teknoloji uçtan uca ağlar arasında gerçekleşen bütün işlemleri kapsayan verileri kaydeden bir açık ve dijital defterdir (Bross, 2017).

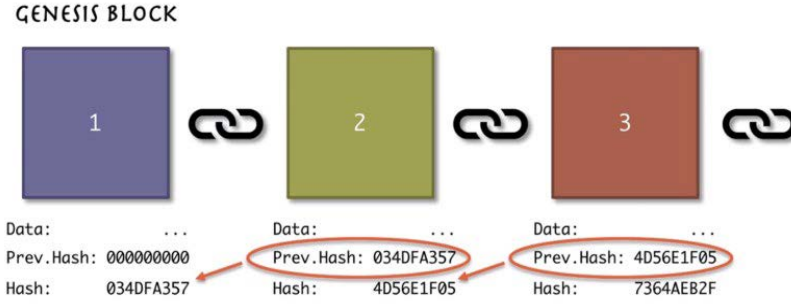
Blokzinciri, dağıtık yapıdaki doğrulama yöntemi ve güvenli bir şekilde veri depolayabilme imkânıyla, araç ve gayrimenkul gibi değerli varlıkların kaydından, diploma ve tapu gibi önemli belgelerin dijital olarak tutulmasına, değerli finansal belgelerin yönetilmesine, yerel veya genel tüm seçimlerin gerçekleştirilebilmesine kadar birçok farklı alanda uygulanabilen bir teknolojidir. Küresel ve dijital bir açık hesap defteri şeklinde tanımlayabileceğimiz blokzinciri teknolojisi, dijital kimlik sistemleri üzerinde daha önce görülmemiş bir kontrol mekanizması sağlamaktadır (Dilek, 2018). Ayrıca blokzinciri teknolojisinin aynı internet teknolojisinde olduğu gibi büyük bir yıkıcı etki meydana getireceği öngörülmektedir.

Bir başka ifadeyle bu teknoloji, birbirlerini tanımayan ya da tanışalar bile aralarında bir güven ilişkisi olmayan tarafların hiçbir şekilde aracı bir kuruma ihtiyaç duymadan karşılıklı olarak işlemlerini gerçekleştirebilmelerine imkân sağlayan bir sistemdir. Bu yüzden birçok farklı sektör için aracılık hizmetleri sunan işletmelerin işlevlerini kaybedecekleri ya da teknolojik açıdan kapsamlı bir dönüşüm yaşayacakları düşünülmektedir (Güven ve Şahinöz, 2018).

İşin özüne bakılacak olursa blokszinciri teknolojisi kriptografi tabanlı bir sistem tarafından üretilen veri bloklarından meydana gelmektedir (Nakamoto, 2008: 3). Ayrıca dağıtık otorite yapısı sayesinde sistem içerisindeki bütün kullanıcılar işlemlerin tüm geçmişini görebilir. Burada bütün bu geçmişin eksiksiz bir şekilde olması da her işlemin geçerliliğini sağlar ve bütün işlemler izlenebilir hale gelir. Bu sayede sistemdeki kullanıcılara geriye dönük bütün işlemler için şeffaflık sağlanmış olur. Ayrıca geçerli kayıtların herhangi bir koruma yöntemi kullanılmadan değiştirilmesi engellenmiş olur. Tüm bunların sonucunda da taraflar arasındaki işlemlerin daha düşük maliyetlerle gerçekleştirilmesi sağlanmış olur (Beck ve diğerleri, 2016).

Genel bir ifadeyle, işlem kayıtlarının merkezi bir veri tabanına kaydedilmediği blokszinciri yapısında işlemler bloklara kaydedilir ve her bir blok birbirine bağlanır. Birbirine bağlı olan bu bloklar bir zincir yapısı meydana getirdiğinden dolayı bu kayıt defterinin adına blokszinciri denilmiştir (Marr, 2017).

Şekil 2. Blokzinciri Yapısı



Kaynak: Ponteves & Eremenko, What is Blockchain, 2018.

Şekil 2’de görüldüğü gibi ilk blok olan “Genesis Block” kısmındaki bir önceki bloğun Hash fonksiyonundan çıkmış halinin bulunduğu “Prev.Hash” alanının “0 (sıfır)” değerinde olduğu görülmektedir. Devamında ise ikinci bloktan itibaren her bir blokta önceki bloğun Hash hali kaydedilir ve bu sayede bloklar arasındaki veri bütünlüğü sağlanmış olur.

Blokzinciri teknolojisi son zamanlarda çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşlar, özel ve kamu sektörü ile ulusal ve uluslararası basın tarafından büyük bir ilgi görmekle birlikte birçok araştırmacı tarafından da potansiyel olarak internetten sonraki en güçlü ve kapsamlı teknoloji olarak görülmektedir (Sultan ve diğerleri: 2018). Bu teknolojinin dünya üzerindeki mevcut ekonomik büyüklüğü de her geçen gün artmaktadır. Ekonomik büyüklüğü ile ilgili bazı tespitlere bakacak olursak *Allied Market Research* firması tarafından yayınlanan raporda 2016 yılında blokzincir piyasasının ekonomik büyüklüğünün 228 milyon dolar olduğu ve 2023 yılına kadar yaklaşık 5.4 milyar \$ seviyelerine ulaşabileceği belirtilmiştir.

Blokzinciri piyasası ile ilgili öngörülerde bulunan bir diğer şirket ise küresel bir araştırma ve danışmanlık firması olan *Gartner* olmuştur. 2017 yılında yayınlanan Gartner’ın raporunda 2022 yılına gelindiğinde geniş çaplı yatırımların da güçlü etkisiyle birçok başarılı modelin ve uygulamanın hayata

geçirileceği ve 2026 sonrasında ise uluslararası seviyede ekonomik bir katma değerin oluşacağı belirtilmiştir. Bu raporda blokszincirin piyasa büyüklüğünün 2030 yılına gelindiğinde ie 3.1 trilyon dolar seviyelerine ulaşacağı öne sürülmüştür (İlkbahar, 2019).

Bir diğer küresel danışmanlık firması *Accenture* şirketinin her sene yayınladığı teknoloji vizyonuna göre 2019 yılının en önemli kavramlarının “DARQ Power” olduğu belirtilmiştir. *Accenture*’ın yayınladığı rapora göre şirketlerin önümüzdeki yıllarda “Dağıtık Defter Teknolojisi” (Distributed Ledger Technology — DLT), “Yapay Zeka” (Artificial Intelligence — AI), “Genişletilmiş Gerçeklik” (Extended Reality — XR) ve “Kuantum Bilişim” (Quantum Computing) gibi alanlarda uzmanlaşma ihtiyacı duyacakları belirtilmiştir (Accenture, 2019). Burada dağıtık defter teknolojisi altında blokszincirin yakın zamanda tüm sektörler için kullanım alanı bulacağı ve işletmelerin bu teknoloji ile ilgili sistematik bir dönüşüm sürecine girecekleri söylenebilir.

Kuşkusuz blokszinciri alanında çalışmalar ve araştırmalar yapan dünyanın en güçlü araştırma şirketlerinden birisinin de *Deloitte* olduğunu söyleyebiliriz. *Deloitte* 2019 yılında yayınladığı küresel blokszinciri anketini (2019 Global Blockchain Survey) Brezilya, Kanada, Çin, Almanya, Hong Kong, İsrail, Lüksemburg, Singapur, İsviçre, Birleşik Arap Emirlikleri, İngiltere ve Amerika’da bulunan işletmelerin 1386 üst düzey yöneticiye uygulayarak blokszinciri teknolojisinin kullanım alanlarını ve yaygınlığını vurgulayan önemli bir gelecek vizyonu oluşturmuştur. Ankete katılanların çoğunluğunu bilgi teknolojileri yöneticilerinin oluşturduğu katılımcıların %53’ü işletmeleri için blokszinciri teknolojisinin ilk beş stratejik öncelikleri içerisinde yer aldığını belirtirken, katılımcıların %27’si ise blokszinciri teknolojisinin işletmeleri

için önemli olduğunu ancak bu teknolojinin ilk beş stratejik öncelikleri içerisinde yer almadığını belirtmiştir. Ayrıca Deloitte tarafından hazırlanan bu rapordaki tahminlere göre küresel boyutta blokzinciri projelerine ve uygulamalarına harcanan miktarın 2021 yılında yaklaşık 9.7 milyar dolar olması öngörülmektedir (Deloitte, 2019).

Son olarak, *Uluslararası Veri Kuruluşu* (International Data Corporation - IDC), 2018 yılında yayınladığı “*Blockchain: Worldwide Technology Market Update and Spending Outlook*” isimli raporunda 2017 yılında blokzinciri projelerine 754 milyon dolar harcadığını ve bu yatırımların 2022 yılında 11.7 milyar dolar seviyelerine ulaşacağını belirtmektedir. 2022'ye kadar olan bu yatırımların %36'sının finansal hizmetlerde, %25'inin dağıtım ve hizmetler sektöründe ve %22'sinin ise üretim ve kaynak sektörlerinde gerçekleşeceği belirtilmektedir (Uluslararası Veri Kuruluşu, 2018).

Blokzinciri, sadece aracı kurumların işlevlerini azaltmak için değil, aynı zamanda işlem maliyetlerini radikal bir şekilde düşürmek, işletmeleri yönetilebilen ağlara dönüştürmek, ekonomik gücü dağıtmak ve hem sermaye oluşturma hem de daha refah bir gelecek sağlamak için bütün taraflara güvenilir ve etkili bir yol sunar (Tapscott D. ve Tapscott A., 2016).

Hızla artan birçok işletmenin doğuşuyla birlikte merkezi olmayan bir sisteme sahip olmanın avantajının anlaşılmaya başlanması, blokzincirin sunduğu olanakların ekonomik olarak daha anlamlı olmasını sağlamıştır. En önemlisi ise bu teknolojinin veri ve kullanıcı gizliliğine yönelik çözümler sunmasıdır (Lanier, 2013).

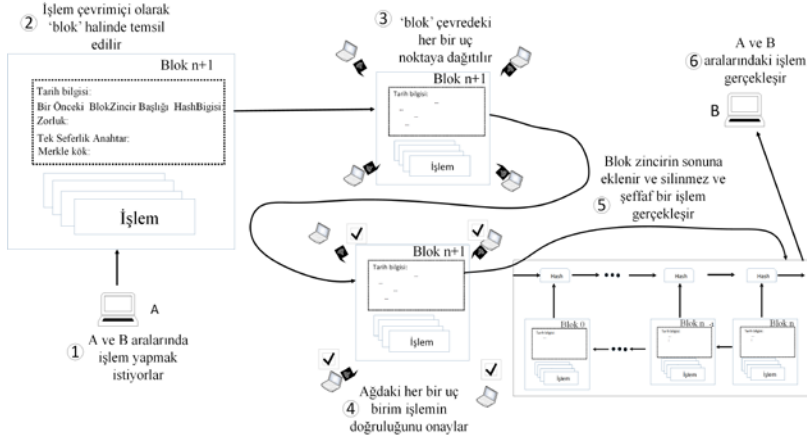
Finans dışındaki diğer sektörlerde blokzinciri teknolojisinin bilinirliği ve gelişimi büyük ölçüde deneysel bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu teknolojinin finans sektörü

haricindeki en kapsamlı uygulamalarının ve çalışmalarının tedarik zinciri, enerji, gıda, kamu sektörü, sigorta ve tarım alanlarında yapıldığı görülmektedir. Kuşkusuz bahsedilen bu sektörler blokszinciri teknolojisinin uygulanması açısından çok uygundur. Söz konusu potansiyel endüstriyel kullanım olanaklarına bakıldığında neredeyse bütün sektörler blokszinciri tabanlı somut ürünlerin ve uygulamaların geliştirilmesinin kısa süre içerisinde gerçek yatırım getirisi sağlayacağını düşünmektedir (Bünger, 2017).

Genel anlamda blokszinciri teknolojisi tüm endüstriler için potansiyel etkilere sahiptir. Bu nedenle son dönemde blokszinciri teknolojisi Bitcoin'in ötesine geçmiş ve birçok sektörde tartışılan bir kavram haline dönüşmüştür. Bu teknoloji hala gelişmeye devam eden bir alan olmasından dolayı işletme seviyesindeki bilinen etkileri de tam olarak ortaya konmuş değildir. Buna ek olarak birçok işletme blokszinciri anlamak amacıyla kendi prototip teknolojilerini oluşturmaya başlamışlar (Deloitte, 2017: 1).

Akademik açıdan mevcut literatüre bakıldığında çok kısa süre önce alan yazınında blokszinciri ile ilgili çalışmalara rastlamak çok zor iken mevcut durumda konuyla ilgili birçok çalışmanın ve yayının yapıldığı ve bu çalışmaların da sürekli artış gösterdiği görülmektedir (Anascavage ve Davis: 2018).

Abeyratne ve Monfared (2016) makalelerinde blokszinciri teknolojisinin teknolojik avantajlarını dört başlık altında açıklamışlardır. Bunlar; dayanıklılık, şeffaflık, değişmezlik ve süreç bütünlüğüdür.

Şekil 3. Blokzincir Yapısı ve Çalışma Prensibi

Kaynak: Mermer ve diğerleri, 2018. Blokzinciri Teknolojilerine Genel Bir Bakış: Çalışma Prensibi, Fırsatları ve Zorlukları, IEEE.

Blokzinciri teknolojisinin genel çalışma prensibi Şekil 3'te adım adım gösterilmiştir. Öncelikle A ve B kurumları ya da bireyleri aralarında işlem yapmak istediklerinde (Adım 1) işleme ait tüm detaylar bloklar halinde tutulur (Adım 2). Burada her bir blok belirli kurallara göre oluşturulur. İşlemler doğrulanmış bloklarda birleştirir. Bu blok yapısında nonce (tek seferlik anahtar), bir önceki bloğun hash bilgisi, blok işlemlerinin Merkle ağacının kök hash'i, zaman bilgisi ve zorluk derecesi (iş kanıtı - proof of work) bulunur (Antonopoulos, 2014). Oluşturulan bu blok dağıtık kayıt defterindeki bütün uç noktalara yayılır ve her uç nokta başlangıçtan itibaren tüm kayıtların kopyasını tutar (Adım 3). A ile B arasındaki işlemin gerçekleştiğini diğer uç noktalar doğrular (Adım 4). Burada bütün uç noktalar birbirleriyle iletişim kurarak sistemde herhangi bir bozukluk olup olmadığını teyit ederler. Bloklarda herhangi bir değişiklik olduğu takdirde zincir kırılır ve sistem doğrulama ve fikir birliği sağlamaz. Kırık halka ağdan çıkarılırsa doğrulama sağlanır. Yeni bir blok oluştuğunda ise bir önceki bloğun kriptografik özeti alınarak yani hash

fonksiyonundan geçirilerek ikinci bir blok yapısı oluşturulur (Adım 5). Böylelikle her bir blok yapısı bir önceki yapının özetiyle ilişkili olacak şekilde tüm zincir yapısına sahip olur. Son olarak A ve B arasında işlem gerçekleşmiş olur (Adım 6). Örneğin blokzinciri teknolojisinin en önemli uygulaması olan Bitcoin yapısı bu şekilde işlemektedir (Mermer ve diğerleri, 2018: 2).

Diğer bir taraftan bu teknoloji kendisine ilk olarak dijital para ve finansal varlıklar üzerinden uygulama alanı bulmuş olsa da her geçen gün teknolojinin araştırma alanları ve uygulama dinamikleri yaygınlaşmaktadır (Bogart ve Rice, 2015). Bu kapsamda blokzincirin uygulama alanlarının bankacılık, borsa, akıllı sözleşmeler, tıp, eğitim, ağ teknolojisi, nesnelerin interneti, havayolu taşımacılığı ürün tedariki ve lojistiği olduğunu söyleyebiliriz (Britchenko ve diğerleri, 2018: 309). Bu açıdan bakıldığında zaman her geçen gün uygulama alanı artan blokzinciri teknolojisini tedarik zinciri süreçlerine uygulamak ve tedarik zinciri performansını arttırmak amaçlanmaktadır. Şekil 4'te blokzincirin uygulama alanları belirli başlıklar altında kapsamlı bir şekilde gösterilmiştir.

Şekil 4. Blokzinciri Uygulama Alanları

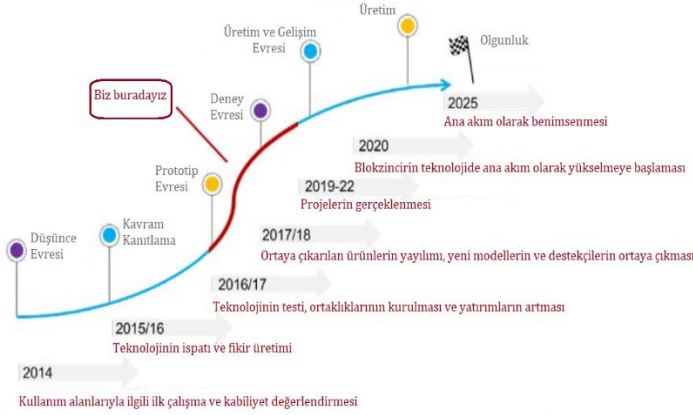


Kaynak: Venkat, 2018.

Blokszincirin kendi kavram kanıtlama sürecini tamamlamasının ardından blokszinciri tabanlı proje ve uygulamalar geliştirmek için kullanılabilecek birçok platformlar ortaya çıkmıştır. Bu platformlar, açık kaynaklı olup olmadıkları, fiyatlandırma yapısı, destekledikleri program dilleri ve yapılarına (açık, hibrid, özel) göre farklılık göstermektedir. Ethereum ve Hyperledger, bu alanda kullanılan en yaygın platformlardır. Bunların yanısıra Ripple, Tendermint ve Corda gibi farklı platformlar da vardır (Usta ve Doğanekin, 2017). Ayrıca bir diğer teknoloji şirketi Microsoft Azure üzerinde blokszinciri platformunu bir servis olarak sunmaya başlamıştır. Öncelikli olarak IBM ve Oracle ardından da SAP ve Microsoft gibi küresel teknoloji şirketleri de blokszinciri teknolojisine önemli oranda yatırım yapan ve üzerinde araştırmalar gerçekleştiren şirketlerdir.

Blokszinciri teknolojisi ile ilgili bahsedilen açıklamaları ve görüşleri genel olarak değerlendirmek gerekirse bu teknoloji mevcut iş akışlarının karmaşıklılığını yönetebilecek ve ürün güvenliği ve sürdürülebilirliği konusunda erişilebilir bilgi sağlayabilecek bir dijital kayıt tutma mekanizması olduğu savunulmaktadır. Blokszincirin küresel iş akışlarında izlenebilirlik, şeffaflık ve daha iyi koordinasyon oluşturarak iş dönüşümünü sağlama ve sürdürülebilirliği artırma potansiyeli üzerine yapılan birçok araştırma mevcuttur. Ayrıca bu teknolojinin kullanım yaygınlığı arttıkça taraflar arasındaki işlem maliyetlerinin azalabileceği öngörülmektedir (Iansiti ve Lakhani, 2017).

Şekil 5. Blokszinciri Teknolojisinin Geleceği



ref: <http://www.businessinsider.com/blockchain-technology-forecast-2018-1>

Kaynak: TÜBİTAK BİLGEM

Her yeni teknolojiye olduğu gibi blokszincirin düşünce ve kavram kanıtlamayla fikir üretimi evrelerinin tamamlandığını söyleyebiliriz. Günümüzde birçok farklı teknoloji şirketlerinin blokszinciri tabanlı pilot uygulamalar ve denemeler yaptığını gözlemlemekteyiz. Bunlara örnek olarak IBM'in Maersk ve Walmart gibi büyük şirketlerle yapmakta olduğu çalışmaları ve araştırmaları gösterebiliriz. Bu aşamada kısa vadede ortaya çıkarılan ürünlerin yayılımıyla yeni model ve destekçilerin ortaya çıkması beklenirken uzun vadede ise üretim ve gelişimin hızlandırılması, projelerin gerçekleştirilmesi ve blokszincirin ana akım olarak benimsenmesi beklenmektedir. Şekil 5'te blokszinciri teknolojisinin ortaya çıkışından başlayarak yakın gelecekteki gelişim evreleri ve hangi boyutlara ulaşacağı gösterilmiştir.

1.1. Blokszinciri Teknolojisinin Teknik Özellikleri

Blokszincirin yapısı gereği verilerin ve işlemlerin güvenli bir şekilde depolanmasıyla zincirdeki bütün taraflar açısından herhangi bir şüpheli ya da güvensiz duruma olanak vermeyecek

biçimde doğrulanabilmesi ve ayrıca hiçbir merkezi otoriteye bağlı kalmadan kurgulanmış olan yapısı tüm dünya genelinde büyük bir ilgiyle karşılanmıştır. Bu teknolojinin açık kaynaklı bir yapı olması farklı blokzinciri platformlarının tasarlanmasına yardımcı olmakla birlikte sistemin güvenilir bir biçimde çalışması ise birçok kripto paraların üretilmesine ve akıllı sözleşmeler gibi birçok uygulamanın tasarlanmasına imkân sağlamıştır.

Bunların dışında üretim ve tedarik zinciri gibi süreçlerde blokzinciri teknolojisinin sahip olduğu temel özelliklerin ve fonksiyonların kullanılmasıyla süreç iyileştirmesi, maliyet ve rekabet avantajı sağlanmasıyla zincirdeki bütün iş akışlarının dağıtık bir yapı içerisinde daha etkin kontrol edilebilmesi gibi birçok avantaj getireceği düşünülmektedir.

Blokzincirin henüz çok yeni bir teknoloji ve çözüm olmasıyla beraber sahip olduğu kapsamlı teknik özellikleriyle birçok farklı sektöre sunduğu faydalar endüstri çeşitliliğine bakıldığında diğer teknolojilerin sunamayacağı kadar kapsamlıdır (Wood, ve diğerleri, 2015).

Çalışmanın bu kısmında literatürdeki hem akademik hem de diğer yayınların incelenmesiyle elde edilen blokzinciri teknolojisinin sunduğu faydalar ve temel teknik özellikleri genel anlamda üç farklı grup altında ele alınmıştır. Belirlenen bu faydalar ve teknik özellikler daha sonra çalışmanın uygulama ve analiz kısmında kullanılmıştır.

Genel itibarıyla blokzinciri teknolojisinin üç grup altında belirlenen faydaları ve temel teknik özellikleri merkezi olmayan (decentralized), akıllı sözleşmeler (smart contracts) ile şeffaflık ve izlenebilirlik (transparency and traceability) şeklindedir. Çalışmanın bu kısmında söz konusu kavramlar kapsamında blokzinciri teknolojisine ait temel ve alt özellikler sırasıyla açıklanmıştır.

1.1.1. Merkezi Olmayan (Decentralized)

Merkeziyetsizlik, sorumluluğun taraflara dağıtılması ya da dağıtıklık kavramları blokszinciri teknolojisinin temel çalışma prensibi ve ayrıca en kritik yapısal sürecidir. Dağıtık yapının bu kadar kritik olmasının sebebi herhangi bir merkeze ya da otoriteye bağlı olan yapıların sahip olunan verileri ve işlemleri değiştiriyor olabilme ihtimalini ortadan kaldırıyor olmasıdır. Bunların dışında herhangi bir merkeze bağlı olan yapılar bütün sistemin değiştirilebilme ya da kontrol edilebilme gibi risklere sahipken, herhangi bir merkeze ya da otoriteye bağlı olmayan dağıtık yapılarda ise bu gibi risklerin oluşması söz konusu değildir (Güven ve Şahinöz, 2018).

Merkezi bir otoriteye bağlı yapılarda üretilen her şey blokszinciri teknolojisinin sunduğu sistematik altyapı ile artık dağıtık bir yapı içerisinde yalnızca alıcı ve verici arasında kriptografi ile şifrelenerek, herhangi bir otoriteden bağımsız bir şekilde yürütülebilmektedir (Guadamuz ve Marsden, 2015: 6).

Blokszinciri ağındaki tarafların tümü için bilgiye erişim kolay ve hızlıdır. Ağdaki veriler ve işlemler merkezi olmayan dağıtık bir defterde saklandığı için kötü niyetli işlemlerin kolayca fark edilir (Durğay ve Karaarslan, 2018).

1.1.1.1. Dağıtık Defter Teknolojisi (Distributed Ledger Technology)

Blokszinciri teknolojisinin yapısı dağıtık veritabanı şeklindedir ve bu veritabanı düğümler içerisinde dağınık bir biçimde yer alır. Bu sistem içerisindeki düğümler bütün veritabanına erişilebilir ancak burada tek bir düğümün blokszinciri içerisinde depolanan verilerini kontrol edemez. Zincirdeki her bir yeni kayıt ya da işlem herhangi bir aracıya gerek duymadan yapı içerisindeki bütün düğümler tarafından doğrulanır. Blokszincirin mimari yapısı katılımcıların her bir

işlem gerçekleştirmesinde eşler arası çoğaltma şeklinde oluşturulan bir defteri paylaşmasına imkân sağlar (Iansiti ve Lakhani, 2017).

Dağıtık veritabanı ile blokzincirine giren her bir blok, ağdaki bütün kullanıcılar tarafından kaydedilir. Birçok ağ kullanıcısı tarafından kaydedilmiş olan bu bloklar ile blokzincirine karşı gerçekleştirilecek olan beklenmedik müdahaleler engellenmiş olur. Bununla birlikte dağıtık veritabanı yapısıyla eşler arası ağ oluşturularak üçüncü bir tarafa ihtiyaç olmadan birçok veri kullanıcılar içerisinde dağıtılır. Bu duruma dağıtık kayıt defteri denir. Dağıtık kayıt defterinde veri yalnızca bir merkez tarafından değil, sistemdeki herkes tarafından kayıt altına alınır. Bu süreçte tarafların birbirini tanıması gerekmez. Taraflar arasındaki güven ilk başta belirlenen kurallar ve bu kurallarla birlikte üretilen kayıt zincirinin herkese dağıtılmasıyla sağlanır. Zincirdeki bütün noktalar aralarında iletişim kurarak sistemin bozulmadığını teyit ederler. Zincirdeki bir halkanın çıkması ya da değişmesi durumunda zincir kırılır ve sistem bozuk noktayı ağdan çıkartır. Bu sayede zincirin kırılmadan devam ettiği konusunda fikir birliği sağlanarak devam edilir (Kula, 2019: 19).

Merkezi olmayan ağlar içerisinde yer alan dağıtık yapıllı uygulamalar açık kaynak kodu ile herkes tarafından erişilebilir ve herkesin kullanımına açık olan internet uygulamalarıdır (Güven ve Şahinöz, 2018).

Blokzincirinde dağıtık kayıt yapısındaki kullanıcıların her birine düğüm (node) adı verilir. Ağda yapılan bir işleme ait kaydedilen veriler bütün ağ boyunca dağıtık bir şekilde yayılmaktadır. Bu ağ içerisinde bulunan işlemlerin üzerindeki zaman damgasıyla beraber bu süreç bir veri bloğu şekline dönüşürülmektedir (Ticaret Bakanlığı, 2019).

1.1.1.2. Dijital Kimlik (Digital ID)

Blokszinciri teknolojisinin hem teknik özelliklerine hem de sağladığı avantajlara bakıldığında güvenilir dijital kimlik yönetim sistemlerinin geliştirilmesinde teknolojik bir araç olarak kullanılabileceği öngörülmektedir.

Günümüzde kişisel verilerin korumasına yönelik gösterilen önem her geçen gün artmaktadır. İlgili yönetmelikler ve kanunlar çerçevesinde herhangi bir kişiyle ilgili verilerin elde edilmesinde bu kişinin açık rızası gerekmektedir. Ayrıca kişi isterse bilgilerin silinmesi gerekmektedir. Bu yüzden blokszinciri teknolojisinin bilgilerin doğruluğunun ve erişim kanıtlarının tutulması için kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu bilgilerin yetkisiz bir şekilde elde edilmesini engellemek için de kişisel verilerin bir kısmının blokszinciri ağında saklanması, diğer kısımlarının ise başka sistemlerde ya da blokszincirinde verilerin ispatları, özetleri, şifreli hallerinin tutulması şeklindeki stratejiler kullanılabilir (Blockchain Türkiye Platformu, 2019: 22).

Küresel açık hesap defteri şeklinde tanımlanan blokszinciri teknolojisi dijital kimlik alanında bugüne kadar görülmemiş bir şekilde gelişim ve kontrol imkânı sunmaktadır (Dilek, 2018: 11).

Blokszincirin bireylere sunduğu bu özgürlük ve kontrol imkânının dijital kimlikler üzerinde kullanılmasıyla bir değiş tokuş aracına dönüşen Bitcoin gibi dijital paralar çok popüler olmuştur. Ayrıca blokszinciri tabanlı dijital kimlik uygulamalarının belge yönetimi, depolama ve veri transferi gibi birçok alanda kullanılacağı öngörülmektedir.

Taraflar arasında karşılıklı paylaşım ve işlem yaparken merkezi otoriteyi ortadan kaldırmanın yolunun bütün işlemlerin kamuoyunun tamamına açılmasıyla sağlanabileceği

düşünülmektedir. Taraflar arasındaki işlemlerin dijital olarak kriptolanmasının yönetilmesinde dijital kimlik temelinde dijital kimliğin korunması ve depolanması yalnızca finansal açıdan değil diğer birçok kurum ve kuruluş için bir dönüm noktası özelliği taşımaktadır (Nakamoto, 2008: 9).

Finans sektörü açısından bakıldığında blokzinciri teknolojisi ile ödeme işlemleri, para transferleri, takas yönetimi, yetkilendirme, doğrulama ve dijital kimlik yönetimi gibi alanlarda birçok değişimler öngörülmektedir (Cognizant, 2016).

Kamu sektörü açısından bakıldığında ise blokzinciri teknolojisinin dijital kimlik, doküman yönetimi, oylama, vergi ve sosyal güvenlik sistemi gibi alanlarda yeni uygulamalar getireceği düşünülmektedir. Son yıllarda Dubai, Çin, İsviçre, İngiltere, Estonya, Singapur ve Kıbrıs gibi ülkelerin kamusal alanlarda blokzinciri yatırımları yaptıkları görülmektedir (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018: 59). Bu ülkelere somut bir örnek olarak blokzinciri teknolojisine en fazla yatırım yapan ülkelerden birisi olan Estonya gösterilebilir. Estonya’da gerekli yasal düzenlemeler neticesinde “e-estonia” adı verilen sistem üzerinde dijital kimlik, sağlık ve vergilendirme gibi hizmetlere ait verilerin ve işlemlerin blokzinciri ağında saklanması ve ayrıca paydaşlar tarafından paylaşılmasına imkân sağlayan bir sistem kurulmuştur.

1.1.1.3. Hesap Verebilirlik (Accountability)

Blokzincirin merkezi olmayan yapısı ile getirdiği dağıtık defter teknolojisi sayesinde taraflar arasındaki işlemler yapılırken daha güvenilir ve daha hesap verilebilir bir sistemin oluştuğunu söyleyebiliriz. Ağdaki kullanıcılar herhangi bir otoriteden izin almaya gerek duymadan verilere ait işlemleri gerçekleştirebilirler.

Blokszinciri teknolojisi ağdaki verileri ve işlemleri her katılımcı tarafından bağımsız olarak doğrulanabilir hale getirerek hesap verebilirliği sağlamaktadır. Burada taraflar arasındaki güven boşluğunu azaltmaya yönelik bir işlem gerçekleştirilmiş olur. Bununla birlikte sorumluluk konusunda güçlü bir istek ve desteğin olduğu ülkelerde, dağıtık defter teknolojisinin belirgin bir şekilde kullanılacağı düşünülmektedir. Bu sayede blokszincirin kullanılması neticesinde kapsamlı denetim sistemleriyle daha fazla hesap verebilirlik sağlanır ayrıca belgeler ve ödemelerle ilgili sahtekarlığın azaltılmasına yardımcı olunacağı düşünülmektedir (Hileman ve Rauchs, 2017: 17).

Blokszinciri teknolojisi, sadece gelişmiş denetim veya hesap verebilirlik sunmaktan çok daha fazlasını yapabilir. Bu teknoloji iş modellerini, insan merkezli bir güven mekanizmasından daha öncesinde görülmeyen risklerle karşılaşılacak bir algoritmaya dayalı güven mekanizmasına dönüştürmektedir. Burada organizasyonlar görevleri, süreçleri, hesap verebilirlik ve performans ölçütleri iyi belirlenmiş sistematik bir yapı meydana getirmeli ve bahsedilen siber güvenlik risklerini etkin bir biçimde kontrol edebilmek için kapsamlı bir siber güvenlik sistemi kullanmalıdırlar. Bu kapsamda bahsedilen yapının oluşturulmasında blokszinciri teknolojisinden faydalananabilirler (Deloitte, 2018: 26).

1.1.1.4. Eşler Arası Ağ (Peer to Peer/P2P Network)

Eşler Arası Ağ yani diğer bir ifadeyle Uçtan Uca İletişim (Peer to Peer/P2P Network) şeklinde de tanımlanan bu kavramdaki peer kelimesi “eş ya da denk” ile ifade edilir ve “eşler arası” şeklinde kullanılır. Bu süreç iki ya da daha fazla istemci arasında herhangi bir veri paylaşılabilen bir ağ protokol yapısıdır. Bu tür makine üzerinde veri depolama sistem ve

protokollerindeki eşler eşit seviyede ayrıcalıklı ve birer eş katılımcılardır. Blokzinciri teknolojisindeki uçtan uca veri paylaşımı ile aracısız iletişim ve veri transferi sağlanabilmektedir (Demetoğlu, 2019: 22).

Tarafların birbirleriyle iletişim kurulmaları için herhangi bir merkezi sistem kullanılmadan bireysel düğümler verileri uçtan uca bir ağ içerisinde birbirlerine direk ileterek depolanmasını sağlar (Nakamoto, 2008: 6). Blokzinciri yapısının sahip olduğu düğümler ile birlikte fikir birliği sağlanarak herhangi bir merkezi yapıya gerek duyulmaz (Pilkington, 2016: 14). Aynı zamanda blokzinciri içerisindeki veriler ve kayıtlar BitShares yapısındaki bütün düğümler tarafından saklanır (Iansiti ve Lakhani, 2008: 7). Bazı araştırmacılar blokzincirin, yapısındaki bütün düğümler tarafından depolanmadığını yalnızca bütün düğümler tarafından kullanılabileceğini savunmaktadırlar (Yli-Huomo ve diğerleri, 2016).

Blokzinciri yapısı içerisinde herhangi bir tarafın oluşturduğu bir muhasebe işlemi P2P olarak bilinen ve birçok bilgisayar arasında veri kopyası oluşturmak için kullanılan ağ program protokolü ile paylaşılmaktadır. Ardından bu süreç neticesinde ağdaki bütün taraflar bu işleminin kopyasını kendi kayıtlarında saklama imkânını elde ederler (Bakan, 2019: 6).

Eşler arasında çalışan ve merkezi bir otoriteye bağlı olmayan P2P yapısının sağladığı avantajlarla Bitcoin yapısında da görüldüğü gibi finansal verilere sahip bir sistemin güvenliğinin sağlanması ve dışarıdan gelebilecek müdahalelere karşı korunması dikkatlice yönetilmesi gereken süreçlerdir. Bitcoin yapısı içerisinde taraflar arasında gerçekleştirilen finansal işlemleri aynı eşler bütün sisteme yayarak işlemler açık muhasebe defterine kaydedilir. Kaydedilen bütün finansal değişimler neticesinde herhangi bir merkezi yapı olmadan

finansal bir işleyiş mekanizması sağlanmış olur (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018).

1.1.2. Akıllı Sözleşmeler (Smart Contracts)

Akıllı sözleşme kavramı, ilk olarak 1993 yılında Nick Szabo tarafından herhangi bir sözleşme kurallarının yerine getirilmesini sağlayan ve bilgisayarla yönetilen bir işlem protokolü şeklinde tanımlanmıştır. Ancak blokszinciri teknolojisi gündeme gelmeden önce bu sistemin uygulanması teknik açıdan mümkün değildi. Kısa süre içerisinde blokszinciri teknolojisinin akıllı sözleşme kavramını desteklemek adına uygun bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte akıllı sözleşme kavramının da blokszinciri 2.0 olarak bilinen ikinci nesil yapının gelişimini desteklediği söylenebilir. Akıllı sözleşmelerin, güvenilir bir yapı içerisinde herhangi bir merkezi denetim olmadan klasik sözleşmelerin yerini kullanılabileceği söylenmektedir (Reyna ve diğerleri, 2018). Akıllı sözleşmeler, birçok sürecin ve işlemlerin yerine getirilmesi adına uzlaşma protokollerinden faydalanan ve blokszinciri yapısında bulunan bir programın parçalarından oluşan sistemdir. Akıllı sözleşmelerin özelliklerini şu şekilde belirtebiliriz (Mohanta ve diğerleri, 2018):

- Akıllı sözleşmeler, blokszinciri ağındaki makine ile okunabilen yazılım kodlu parçalar ve süreçlerdir,
- Olay merkezli programlardır,
- Bir kez oluşunca tekrar edilmesine gerek olmadan otomatik çalışan sistemdir,
- Merkezi bir otoriteye bağlı olmayan dağıtık yapıdadır.

Genellikle kullanımı akıllı varlıkların alış satışı, transferi, ödünç verilmesi gibi alanlar olan akıllı sözleşmeler, kaynak kodlardan oluşmaktadır. Sözleşmede bulunan basamaklar bir

program denetiminden geçerek süreç tarafından otomatik olarak meydana gelmektedir. Blokzinciri teknolojisinin getirdiği doğrulama sisteminin kullanılmasıyla güvensiz taraflarla yapılan işlemlerin güvenli bir hale dönüştürülmesi sağlanmıştır. Bahsedilen bu doğrulama süreci özellikle sözleşmedeki kullanıcıların çok sayıda olduğu ve birbirlerine olan güvenin net olmadığı durumlarda çok daha yaygın bir şekilde kullanılabilir (Wüst ve Gervais, 2017).

Akıllı sözleşmeler, blokzincirindeki verileri kullanarak şartları kesinleşen sözleşmelerin otomatik bir şekilde doldurulmasıyla oluşur. Burada zincirdeki tarafların birbirleriyle anlaşmasının dışında herhangi bir değişiklik yapılamaz. Bu süreci bir örnek uygulamayla açıklamak gerekirse miktar, kalite ve zamanında teslim gibi bütün şartları sağlanmış olan bir teslimat sonrası gerekli ödeme otomatik bir şekilde akıllı sözleşme vasıtasıyla gerçekleşir (Rodrigue, 2018: 23).

Akıllı sözleşmeleri başka ifadelerle tanımlamak gerekirse sözleşme kriterlerinin sağlanmasıyla otomatik bir şekilde uygulanacak olan ve dağıtık yapısı gereği kendi kendini uygulayan, aracısız ve güvenilir blokzinciri uzlaşım mimarisine sahip dijital programlardır (Christidis & Devetsikiotis, 2016). Akıllı sözleşmelerde dışarıdan veri toplanmasıyla sözleşmedeki kriterlere göre yürütülmesi gibi süreçlere ek olarak sonuçlara göre somut çözümler üretilebilmesine de imkân sağlar. Ethereum platformunda bir akıllı sözleşmeyi oluşturmak için bahsedilen anlaşmayı blokzincirine gösteren özel bir oluşturma işlemi başlatılır. Bu süreç gerçekleşirken sözleşmeye 160 bit değerinde bir adres tanımlanarak sözleşme kodu blokzincirine kaydedilmiş olur. Doğru bir yapıda oluşan bu akıllı sözleşme içerisinde anlaşma adresi ve bakiyesi ile ayrıca daha önceden belirlenen kod yer alır (Buterin, 2014).

Merkeziyetsiz otomasyon ve doğru bir biçimde programlanabilir protokoller şeklinde tanımlanan akıllı sözleşmeler blokszinciri içerisinde verileri okuyup yazmaktan sorumludur. Genel anlamda verilerle işlem yapan bütün iş mantıklarının kodlandığı bölümlerdir. Temelde Javascript yapısıyla aynı olan Solidity isimli programlama dili ile yazılır. Bu kapsamda Solidity, kullanıcılarıyla birçok dille iletişim kuran ve Javascript'in özelliklerinin daha da geliştirildiği bir programlama dilidir (Durğay ve Karaarslan, 2018).

Akıllı sözleşmelerde izinsiz yapılan bir değişiklik, diğer taraflar üzerinde bütünsel bir etki oluşturarak, sözleşmenin sürdürülebilirliğine zarar verir. Bu yüzden akıllı sözleşmeleri kullanan taraflar yeni sözleşmeler oluşturmak, mevcut sözleşmeleri değiştirmek ve ana yazılım güncellemelerini yerine getirmek için etkin bir geliştirme ve kontrol süreçlerine gerek duyarlar (Deloitte, 2018: 26).

Kurumsal yönetim çerçevesinde blokszinciri teknolojisi ve akıllı sözleşmeler, fiziki müdahalenin en aza indirilmesi, şeffaflığın artırılması ve vekalet maliyetinin kontrol edilmesinde önemli katkılar sağlayacaktır (Avdzha, 2017).

Tedarik zinciri süreçlerinde bazı durumlarda klasik sistemlerin kullanılması ürünlerin hızlı hareketini sağlayamayabilmektedir. Bu gibi durumların ana nedenleri olarak sistemlerin birbirlerinden bağımsız çalışması ve tutarsız kayıtların oluşturulması gibi durumlar gösterilebilir. Gıda sektöründeki tedarik zinciri süreçlerinin şeffaf olması bütün süreçlerde güvenilirliğin sağlanması ve verilere kolayca ulaşılabilmesi çok önemlidir. Süreç içerisindeki gıda sertifikaları, lisanslar veya cezalar üretimin bütün süreçleri ve katılımcıları tarafından takip edilebilir ve izlenebilir olması son derece önemlidir. Blokszinciri teknolojisinin akıllı sözleşmelerde

kullanılmasıyla bütün işlemler otomatik bir şekilde yürütülür ve bütün veriler şeffaf bir şekilde kaydedilir. Bu gibi süreçlere nesnelerin interneti (Internet of Things – IoT) gibi teknolojilerin de dahil edilmesiyle gıda sektöründe dolandırıcılık sorunlarının kontrol edilmesinin mümkün olacağı vurgulanmaktadır (Singh, 2018).

Bu kapsamda blokzincir tabanlı akıllı kontratların kullanım alanlarının yaygınlaşmasıyla dış ticaretteki mevcut iş akışlarında ve tedarik zinciri süreçlerinde de blokzincir tabanlı akıllı kontratların kullanımı artacaktır. Bu sayede taraflar arasındaki çift yönlü bilgi ve veri paylaşımında fikir birliği sağlanarak süreçler daha güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilecektir.

1.1.2.1. Ödeme Ağı (Payment Network)

Blokzinciri teknolojisinin ilk çıkış noktası olan kripto paralar ile birlikte teknolojinin uygulama ağı genişleyerek küresel ödeme sistemleri içerisinde de kullanılmasına yönelik yapılan çalışmalar hızla artmaktadır. Bitcoin, Ripple ve Ethereum gibi sistemler bu tip zincirlere örnek olarak gösterilebilir. Bitcoin ve Ripple bir dijital para birimi olmasının yanında Ethereum ise akıllı sözleşmeler oluşturulmasına imkân sağlayan bir ödeme yöntemidir.

Günümüzde finansal faaliyetlerdeki süreçlerin aksaklığa uğramasının en önemli temel nedenlerinden bir tanesi ödemelerdeki gecikmelerdir. Blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmelerde kullanılmasıyla ödemeler daha hızlı bir şekilde yapılabilmekte, işlem maliyetleri düşürülmekte ve dolandırıcılık gibi durumlar önlenmektedir (Francis, 2018).

Blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmeler üzerinde kullanılmasıyla birlikte sözleşmelerde önceden belirlenmiş şartların ve durumların otomatik olarak gerçekleştirilmesi

sağlanabilir. Bu süreci bir örnek uygulama ile açıklamak gerekirse, taraflar noter üzerinden araba alım satım işlemini gerçekleştirebilirken ödeme işlemini ise noter üzerinden sağlayamamaktadır. Oysaki araba devri ve ödeme talimatı bir akıllı sözleşme kullanılarak kolay ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilir. Blokszinciri ağındaki akıllı sözleşmeye alıcı ve satıcının kimlik bilgileri, satış bedeli ve diğer gerekli bilgiler girilerek arabanın sahiplik durumunda değişiklik ve ödemenin gerçekleştirilmesi sağlanabilir.

Gayrimenkul sektöründe blokszinciri teknolojisinin akıllı sözleşmelerde kullanılmasıyla, ödeme ve veri kayıtlarının tutulabilmesine yönelik araştırmalar, pilot uygulamalar ve vaka çalışmaları da yapılmaktadır (Hreinsson, 2018).

Bununla birlikte dünya genelinde birçok banka ve finans kuruluşu, blokszinciri teknolojisini ilk başta uluslararası para transferi ve ticaretin finansmanı süreçlerinde yer verirken, sonrasında ödeme işlemleri, para transferleri, alış/satış platformları, sigorta, takas ve dijital kimlik yönetimi gibi diğer finansal kullanım alanlarında değerlendirmişlerdir (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018: 58).

İsviçre'nin bir bölgesinde tarım sektöründe faaliyet gösteren çiftçilere sağlanan desteklerin blokszincirin kullanılmasıyla takip ve ödemelerin yapılmasına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Bu sistemde, çiftçilerin başvurusu yetkili taraflarca kontrol edildikten sonra ödemelerin kripto paralarla yapılması sağlanmıştır (Schneider M., 2017).

Genel anlamda, dijitalleşmiş bir şekilde kaynaktan ödemeyi sağlayan otomasyon ile birlikte tedarikçi ve son tüketici, üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcıları devre dışı bırakarak tedarik zincirinin zaman ve maliyet kısıtlarını daha

kolay bir şekilde kontrol edebilmektedir (Korpela ve diğerleri, 2017: 2).

Mevcut tedarik zinciri yapısında herhangi bir işlem gerçekleştirilirken ödeme süreçlerinde karşı taraftan kaynaklı risklerle karşılaşmak mümkündür. Blokzinciri teknolojisinde bu gibi riskleri ortadan kaldıran ve fiziksel akış öncesinde ödemelerin teyidini doğrulayan bir sistem mevcuttur. Fiziksel ürün dağıtımını ya da akışı ödeme ile aynı anda gerçekleştirebilmektedir (Lefroy, 2017).

Sonuç olarak yaygın kullanımının kripto paralar alanında olduğu görülen blokzinciri teknolojinin son yıllarda elektronik ticaret işlemlerinde, uluslararası ödeme ve havale işlemlerinde kullanıldığı görülmektedir. Bunun dışında blokzincirin getirdiği ve dağıtık yapısının sunduğu ödeme ağının tedarik zinciri süreçlerinde de kullanılabilirliğinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu kapsamda tedarik zinciri içerisindeki tarafların tamamladıkları iş akış adımlarını takiben dağıtık veri tabanı yapısı içerisinde ödemelerinin kolaylıkla yapılabileceği ve kontrol edilebileceği bir sistem kurulabilir.

1.1.2.2. Kayıt Tutma (Record-Keeping)

Blokzinciri teknolojisi için dağıtık defter teknolojinin bir gerçekleştirme yöntemi olduğunu söyleyebiliriz. Ağdaki kayıtlar bir uzlaşma yapısı ile dağıtık bir şekilde belirli noktalarda depolanır. Bu şekilde bütün kayıtlar normal şartlarda üst seviye güvenlik gerektiren merkezi veri tabanlarında depolanmak yerine dağıtık veri tabanında depolanırlar. Burada kayıtlarının yer aldığı veri blokları zincir biçiminde birbirlerine bağlanırken işlemlerin değiştirilemez şekilde olması için kriptografik mekanizmalar kullanılır (Blockchain Türkiye Platformu, 2019: 22).

Blokzinciri teknolojisi, içerisindeki her bir bloğun o anki gerçekleştirilen işlemlerle ve bir önceki bloğun adresini kaydetmesini sağlayan bir sistemdir. Bu yapıya verilerin değiştirilemez listesinin depolandığı bir çeşit dağıtık kayıt defteridir (Karaarslan ve Akbaş, 2017).

Blokzincirin sunduğu merkeziyetçilikten uzak veri kayıt sistemi ile taraflar zincire dahil ettikleri ya da depoladıkları bütün işlemleri, verileri ve süreçleri şeffaf bir şekilde birbirleriyle paylaşma ve depolama imkânına sahip olurlar. Ayrıca bu teknolojinin kullanılmasıyla taraflar kriptografik şifrelerle depolanan verilere ya da işlemlere gerektiği zamanlarda ulaşabilir ve bununla birlikte mevcut yapıları içerisinde kullandıkları diğer teknolojilere ait veri tabanlarına bu süreçlere ait işlemlerin aktarımını sağlayabilirler.

Blokzincirin sunduğu bu üst seviye kayıt tutma olanağına tedarik zinciri açısından bakıldığında ise zincir içerisinde bulunan birçok tarafa ait verilerin dağıtık veri tabanında kaydedilmesi ve depolanması neticesinde tedarik zinciri performansının artırılması açısından zaman tasarrufu ve maliyet avantajı sağlanması gibi faydalar sunacağı söylenebilir.

1.1.3. Şeffaflık ve İzlenebilirlik (Transparency and Traceability)

Herhangi bir platformda paylaşılan verilerin kullanım amacı ve süresi sistem içerisindeki taraflarca biliniyor ve yönetilebiliyorsa burada şeffaflıktan ve izlenebilirlikten bahsetmek mümkündür. Bu kapsamda blokzinciri teknolojisinin teknik özellikleriyle sunduğu faydaların açıklandığı bu bölümde şeffaflık ve izlenebilirlik kavramları üzerinde durulmuş ve ayrıca bu kavramların tedarik zinciri açısından önemi açıklanmıştır.

Tedarik zinciri yönetimine başka bir açıdan bakacak olursak, bu süreç içerisinde yer alan taraflar (players) arasında sürekli ve çift yönlü veri alışverişi mevcuttur. Bu veri alışverişi yapılırken taraflar arasında gecikmeler, eksiklikler, hatalı bilgiler ve güvenli olmayan bilgiler gibi birçok veri akışı gerçekleşmektedir. Bu süreç boyunca organizasyonel verimlilik azalmakta ve bu durum üretim yönetimini olumsuz etkilemektedir. İşte bu ve benzeri durumların önlenmesi için taraflar arasında fikir ve güven birliği sunan ve ayrıca dışarıdan hiçbir müdahaleye izin vermeyen bir dağıtık veri tabanı sistemi olan blokzincir teknolojisinin uygulanmasıyla yeni çözümler ve süreçler oluşturulacaktır.

Blokszinciri teknolojisinin kullanılması neticesinde bloklar içerisindeki bütün işlemlerin ve verilerin görülebilmesiyle şeffaflık sağlanmış olur. Sağlanan bu durum blokzinciri merkezli süreçlerin üçüncü taraflarca yönetilen merkezi sistemlerden daha şeffaf ve izlenebilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu teknoloji kaydedilen işlemlerin değiştirilememesi adına hesaplama algoritmaları ve şifreleri kullanır (Iansiti ve Lakhani, 2017).

Blokszincirin, işlemlerin geri dönüştürülmesini önleyerek süreçlere şeffaflık getirmesi ve akıllı sözleşmelerin kullanılmasıyla ürünlerin teslimatı, faturalandırılması gibi durumlarda daha etkin çözümler sunması beklenmektedir. Bununla birlikte, blokzincirin kullanılmasıyla raporlamalar daha sağlıklı bir şekilde elde edilecek ve denetimlere etkinlik getirecektir. Diğer taraftan, mezuniyet kayıtlarından gıda tedarik zincirine kadar çoğu konuda blokzinciri çalışmaları gerçekleştirilmekte olup, Kurumsal Kaynak Planlama (Enterprise Resource Planning – ERP) sistemiyle birleştirildiğinde birçok yeni avantajları da sağlayacaktır (Furlong ve Houston, 2018).

Dijital belgeleme ve ürün takibi konularında faydalı işlevler sağlayabilecek olan blokszinciri teknolojisinin hem lojistik hem de tedarik zinciri alanlarında kullanılması önemli hale gelmiştir. Diğer bir ifadeyle, bu teknolojinin sahip olduğu gizlilik, şeffaflık ve güven lojistik açısından sağlanması gerekli olan kavramlardır. (Bross, 2017).

Blokszinciri teknolojisinin tedarik zincirine şeffaflık, izlenebilirlik, güvenlik, dolandırıcılığın önlenmesi, ürün güvenliği ve sürdürülebilirlik gibi konularda ciddi katkılar sunacaktır (Villalmanzo, 2018).

Tedarik zincirinde işlemler merkezi bir otoritenin onayına ihtiyaç duymadan ortak bir blokszinciri üzerinde gerçekleştirilip teslim aşamasından sonra ödemeler otomatik bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu gibi işlemlerin takibi blokszinciri ile her aşamada taraflar arasında şeffaf olarak izlenebilir. Sistemdeki taraflardan birinin kayıtları silmesi mümkün değildir (Watanabe ve diğerleri, 2015).

Blokszincirin sunduğu dağıtık kayıt defteri ile yenilikçi endüstriler ve işletmeler tedarik zinciri süreçlerinde merkezi olmayan şeffaf bir işlem mekanizmasını oluşturabilecekleri vurgulanmıştır. Örnek olay çalışmasında karton kutu üreticisinin blokszinciri teknolojisini tedarik zinciri ağına nasıl uyguladığı gösterilmiştir. Burada orman, kağıt üreticisi, kutu üreticisi, ürün dolgulayıcısı, dağıtıcı, perakendeci ve atık geri dönüşüm süreçleri arasındaki bilgi ve ürün akışı blokszinciri ile tasarlanmıştır (Abeyratne ve Monfared, 2016).

Diğer bir çalışmada blokszinciri teknolojisinin temel tedarik zinciri performansının sağlanması için gerekli olan maliyet, kalite, hız, güvenlik, risk azaltma, sürdürülebilirlik ve esneklik gibi kavramları nasıl etkilediği araştırılmıştır. Blokszincirin kullanılmasıyla tedarik zinciri işlemlerinde

şeffaflık ve hesap verebilirlik kavramlarının arttırılması amaçlanmıştır. Örnek olay çalışmalarından blokzinciri tabanlı çözümlerin nesnelerin interneti kavramı ile birleştirilmesi ve bireyler ile varlıkların kimliklerini doğrulayan blokzinciri dağıtım derecesi konularında çıkarımlar yapılmıştır. Alibaba, Lockheed Martin, Modum, Gemalto, Intel ve Bext360 gibi firmalar örnek olay çalışmalarından bazılarıdır (Kshetri, 2018).

Bir diğer çalışmada ise lojistik alanında blokzincirin potansiyel uygulama alanlarını araştırarak bunları tedarik zinciri şeffaflığı ve sürdürülebilir taşıma sözleşmelerine uygulanması amaçlanmıştır. Bu çalışma örnek olay, literatür taraması ve blokzinciri alanında uzman birkaç kişi ile yarı yapılandırılmış röportaj ile birleştirilerek yürütülmüştür (Badzar, 2016).

Son olarak blokzinciri ile birlikte izlenebilirlik kavramının öne çıkmasıyla tedarik zinciri süreçlerinde bozulma ya da sahtecilik riski ile karşılaşabilecek olan gıda, ilaç, tehlikeli madde ve elektronik cihaz gibi ürünlerin daha kolay ve etkin bir şekilde takibine yönelik çalışmalara ve uygulamalara da fayda getireceği düşünülmektedir (Jabbar ve Bjorn, 2018).

1.1.3.1. Veri Gizliliği ve Güvenliği (Data Privacy and Security)

Son yıllarda adından sıklıkla söz ettiren dağıtık yapılar ve veri tabanları uzun yıllardır kullanılan sistemlerdir. Ancak blokzinciri teknolojisinin sunduğu en kapsamlı değişim ve değer ise zincirde depolanan verilerin ve işlemlerin doğruluğuna olan güvendir. Blokzincirinde veriler ve işlemler birbirlerine zincir şeklinde bağlı bloklar halinde depolanırlar. Burada önceki verilerin herhangi birisinin değiştirilmesi halinde zincir bütünlüğünün tamamının kaybedilecek biçimde oluşturulmuş yapısı ile güvenlik sağlanmaktadır. Bu sayede veriler dağıtık, güvenilir ve doğrulanmış bir şekilde tutulup ve ayrıca tüm

veriler zincirdeki taraflarca onaylandığında veri gizliliği ve güvenliği sağlanmış olur.

Blokszinciri yapısı içerisindeki işlemler ve veriler fikir birliği yapısı sayesinde her adımda oy bütünlüğü ile kayıt edildiğinden dolayı yapı içerisindeki verilerin doğruluğu ve kalitesi son derece yüksektir.

Gizlilik kavramı herhangi bir kişinin verilerinin kontrolü anlamına gelmektedir. Bu açıdan bakıldığında blokszinciri teknolojisi kamuya açık ve özel şeklinde çeşitli yapılar kapsamında gerçekleştirilir. Bu yapılar kapsamındaki gerekli paylaşımların tedarik zinciri içerisindeki veri ve süreçlerden hangilerinin gizli tutulacağı ve hangilerinin ise açık bir biçimde tutulacağı hususunda planlama yapılmalıdır (Bross, 2017).

Blokszincirindeki işlemlerde gönderici ve alıcıya ait adresler bilinmektedir ancak bu kişilerin kimliklerinin belirlenmesi mümkün değildir. Bunun sebebi gönderici ve alıcı dışındaki zincirde bulunan diğer kullanıcıların hesapları denetleyebilmesidir. Bütün bu hesaplar dijital güvenlik yapılarıyla korunan dijital cüzdanlarda depolanmaktadır (Yıldırım, 2015: 86).

1.1.3.2. Değişmezlik (Tamper Resistant and Immutable)

Verilerin birbirlerine bağlı olan bloklarda depolanmasıyla blokszincirindeki kayıtların ve işlemlerin değişmezliği sağlanır. Önceki verilerde yapılacak olan en ufak bir değişikliğin bütün zincir yapısını değiştireceğinden dolayı girilen veriler bütün taraflarca korunur. Bu yüzden kayıtların değişmezliği blokszinciri ağının fayda sağlayan en önemli mimari özelliklerinden birisidir.

Blokszinciri teknolojisinin en kritik sorunsallarından birisi olan çift harcamayı engelleme durumunun uygulanabilmesi için bütün işlemler geriye doğru değişmezliğe sahip olmalıdır. Burada önceki verilerin değişmezliğe sahip olmadığı durumda herhangi bir veri tekrar bir blok halinde eklenebilirdi ve bu durumun oluşması da blokszinciri güvensiz bir mekanizma haline getirirdi. İşte bu sebeplerden dolayı zincirdeki verilerin değişmez oluşu blokszinciri teknolojisinin sürdürülebilirliğini sağlamaktadır. Blokszincirin sunduğu bu değişmezlik özelliği dijital kimlik ve doğrulama, tapu, sigorta, sağlık ve gayrimenkul gibi birçok alana çözümler getirecektir.

Blokszincirinde değişmezlik ilkesiyle veri tabanına bir işlem kaydedildikten sonra değiştirilememektedir. Zincirdeki her bir işlem bir önceki işlem kaydına bağlanır ve bu kayıtların kalıcı, kronolojik bir şekilde sıralı ve erişilebilir olması için bazı hesaplama algoritmaları uygulanır.

Değişmezlik kavramı zincirin uzlaşma tabanlı algoritmasından gelmektedir. Bütün işlemler yeni bir blok oluşturacak biçimde gruplandırılır. Ağdaki her üye bloklardaki işlemleri doğrulayabilir ve eğer herhangi bir bloğun geçerliliği noktasında bir uzlaşma olmamışsa bu blok kabul edilmez. Belirli algoritmalar ve şifrelerle oluşturulan her bir blok kendi içeriği ile birlikte bir önceki bloğun içeriğine de sahiptir (Hackius ve Petersen, 2017: 6).

Uzun yıllardır bilgi birçok otorite tarafından sürekli olarak el değiştirmiş ve değişikliğe uğramıştır. Bu gibi durumlarda merkezi yapının ve gücün bilgiyi değiştirebilmesinin engellenmesi blokszinciri yapısının değişmezlik özelliğinin kullanılmasıyla mümkün olacağı düşünülmektedir (Güven ve Şahinöz, 2018).

1.1.3.3. Fikir Birliğı ve İş Kanıtı (Consensus and Proof of Work/PoW)

Birçok katılımcının bulunduğu blokszinciri sistemine dahil edilmek istenilen bir işlemin kabulü için sistem içerisindeki bütün tarafların uygunluk onayı vermesi gerekir. Buradaki genel kurallara uygunluk ve oluşan fikir birliğine mutabakat denilmektedir. Sistemdeki blokların veri tabanına bilgi eklenmesini önerebildiğı bir fikir birliğı yapısı mevcuttur. Bu yapının dijital ortamda bulunması fikir birliğı mekanizmasının yazılım tarafından doğrulanmasını gerektirir ve bu aşamada blokszinciri teknolojisi çözüm sunabilir (Usta ve Dağtekin, 2017).

Blokszincirin en önemli esaslarından birisi olan fikir birliğı protokolleri, işlemlerin güvenliğı noktasında taraflara daha çok güvence sunmaktadır. Çünkü burada herhangi bir işlemin zincirin sonuna ilave edilebilmesi için açık ya da özel blokszinciri kullanıcılarının en az %51'inin bahsedilen işlemin geçerliliğini kabul etmesi gerekir (Deloitte, 2018).

Mutabakat algoritması blokszincirindeki bir sonraki bloğun gerçekliğini sağlar. Ağın gereksiz bilgilerle kirlenmemesini sağlar ve zincirin istem dışı çatallanmasını önler. Bitcoin yapısında da kullanılan ve en fazla bilinen mutabakat algoritması İş Kanıtı (Proof of Work) sistemidir. Bilinen ve yaygın olarak kullanılan bir diğer mutabakat algoritması ise Hisse Kanıtı (Proof of Stake) sistemidir. Bu iki temel mutabakat yapısının dışında da Faaliyet Kanıtı (Proof of Activity), Yakma Kanıtı (Proof of Burn), Kapasite Kanıtı (Proof of Capacity), Geçen Sürenin Kanıtı (Proof of Elapsed Time) yapılar da mevcuttur (Güven ve Şahinöz, 2018).

Bu gibi mutabakat algoritmalarının kullanılmasıyla çift harcamalar (double spending) kavramı önlenir ve veriler için

üçüncü bir tarafın güvenine olan ihtiyaca gerek kalmaz. Güvene bağlı olmayan ve dağıtılmış fikir birliği (trustless and distributed consensus) kavramı herhangi bir kişiye para göndermek istenildiğinde üçüncü bir otoriteye ihtiyaç duyulmaması anlamına gelir. İş ve hisse kanıtı mutabakat protokollerinin sunduğu çözüm de bu şekilde açıklanabilir. Çünkü günlük hayatta birisine para gönderebilmek için Visa, Mastercard, PayPal ya da bankaların sunduğu hizmete güvenmek gerekir. Söz konusu bu üçüncü taraflar, gelen ve giden her işlemin kaydını merkezi ağ yapılarında saklarlar. Gönderici ve alıcı buradaki güven mekanizmasına bağlı kalır. Bunun neticesinde de bankalar hizmetleri karşılığında bu işlemler için belirli ücret kesintisi yaparlar. İşte bu noktada bahsedilen ilgili mutabakat protokolleri bu güven ihtiyacını ortadan kaldırır. Burada bahsedilen iki temel mutabakat algoritması açıklanmıştır.

İş Kanıtı kavramı belirli bir değeri olmakla birlikte zaman ve maliyet açısından zor elde edilen bir veri parçasıdır. Söz konusu bu verinin hedefi yakalaması basit bir şekilde kontrol edilebilir olmalıdır. İş kanıtının üretilmesinin çok düşük ihtimalli bir rastsal süreç olduğu söylenebilir. Bu sayede hedefi yakalamak için çok sayıda deneme gerçekleştirilmelidir. Bu sistem kripto para birimlerindeki sistemlerde sıklıkla kullanılmaktadır (Bentov ve diğerleri, 2016).

İş Kanıtı algoritmasının blokzinciri teknolojisi ile kullanılmasıyla zincir içerisindeki tarafların bloklar üzerinde herhangi bir değişiklik yapmasını neredeyse imkânsız hale getirmektedir. Bu durumun sebebi ise söz konusu değişikliğin yapılabilmesi için zincir içerisindeki bütün blokların aynı şekilde değişikliğe uğrayıp yeniden tasarlanması zorunluluğudur (Hampton, 2016).

İş Kanıtı, ürün veya hizmet için bir efor sarf edildiğini kanıtlar. Bu sistemde madencinin bütün blokları analiz edip

doğrulamaya kadar güçlü cihazları elinde bulundurması gerekir. Bu durum da yüksek miktarda enerji tüketimi gerektirir. Madencinin güçlü grafik kartlarına, belirli özel bir iş için tasarlanmış tımlı devrelere (ASIC) ve güçlü işlemciler ihtiyacı vardır. Bu güçlü cihazlar ile madencinin blokzincirin daha önce oluşturulmuş zorluk seviyesine bağılı olarak oluşturulan matematiksel algoritmayı çözmesi ve bulunan çözümü zincir yapısına eklemesi beklenir (Usta ve Dağıtekin, 2017).

Hisse Kanıtı kavramı ise yeni ilave edilen blokları doğrulamak ve dağıtık fikir birliğı sistemine erişmek için kullanılan bir diğeryöntemdir. Bu yöntemin amaçları İş Kanıtı yapısı ile aynı olmasına rağmen hedefe ulaşma süresi ve yöntemi farklıdır (Gerdan, 2019: 26).

1.1.3.4. Kriptografi ve Hash fonksiyonları (Cryptography and Hash Functions)

Blokszinciri teknolojisinde blokların birbirleriyle bağlanmasına yarayan farklı algoritmalar kullanılır ve bu algoritmalar birer parmak izine benzemekle birlikte bir önceki bloğun özet bilgilerini taşırlar. Bütün bu süreç kriptoloji sistemiyle oluşturulur. Bu sayede blokların birbirlerinden ayrılması ve değıştirilmesi engellenir. Kriptolojide kullanılan Güvenli Hash Algoritması (Secure Hash Algorithm – SHA) dışarıdan gelen müdahalelere karşı son derece hassas bir sistemdir. Bloklarda gerçekleşen küçük bir değışiklik sonucunda özetin hepsi değıştirir ve ayrıca sabit uzunlukta yeni bir kod meydana gelir.

Bununla birlikte Güvenli Hash Algoritması verilerin özgünlüğünü ispat etmek için de kullanılır. Herhangi bir verinin ya da belgenin korunması için ilk olarak gizlenip ardından da doğrulanması gerekir. Burada gizlilik kavramı şifreleme

süreciyle ilişkiliyken, doğrulama kavramı ise dijital imza ile ilişkilidir (Karaarslan ve Akbaş, 2017).

Kriptografi kavramı ağ içerisinde bulunan kullanıcıların sadece ilgili defterin içeriğine erişebilmesiyle birlikte ayrıca ağdaki işlemlerin güvenilir ve doğrulanmış bir şekilde olması için kullanılır. Bu sayede blokzincirindeki kullanıcı şifreleme anahtarlarını kullanarak anonim olmayı sağlayabilir. Ayrıca işlemler ve kontroller otomatik bir şekilde gerçekleştirildiğinden dolayı insan kaynaklı hatalar minimize edilebilir.

Kriptografi ile şifrelenen içerikler yalnızca anahtar sahibi taraflarca çözülebileceğinden dolayı kriptografi yöntemi genellikle hassas verilerin siber suçlara karşı korunmasında kullanılır. Ayrıca burada alıcının da şifreli bir içeriği okuyabilmesi için bir güvenlik anahtarına ihtiyaç vardır. Bu yönüyle modern iletişim teknolojilerinde veri güvenliğinin sağlanması için kullanılan bu yöntem blokzinciri teknolojisinin de teknik anlamda mimarisini oluşturur. Sonuç olarak blokzinciri teknolojisi kriptografi yönteminin kullanılmasıyla birbirine bağlanan ve bu şekilde büyüyen bir kayıt listesidir.

Hashing algoritması ile kriptoloji kavramları içerik ve fonksiyonel olarak benzer gibi olsalar da temel itibarıyla birbirleri arasında farklılık vardır. Her iki kavram da bilgi işlem süreçlerinde veri ve mesajların işlenmesi için uygun yöntemlerdir. Ayrıca yine iki kavramda da veriler farklı birer format yapısına dönüştürülebilmektedir. Ancak burada hashing algoritmasındaki işlemlerde dönüştürülen bir veri orijinal haline döndürülemezken, kriptoloji yapısıyla dönüştürülen bir veri orijinal haline dönüştürülebilmektedir. Bu yüzden hashing algoritması tek yönlü fonksiyonken kriptoloji yapısı çift yönlü bir fonksiyondur.

Hash fonksiyonu değişken uzunluklu veri kümelerini, sabit uzunluklu veri kümelerine dönüştüren bir algoritmadır.

Hash fonksiyonlarından geri gelen değerler hash değerleri, kodları, toplamaları (*hash sums*) ve kontrol toplamaları (*checksums*) gibi kavramlardır ancak bütün bu kavramların hepsi kısaca hash şeklinde adlandırılır. Hash fonksiyonları genellikle, veri tabanında aranan bir veriyi hızlıca bulmak, veri karşılaştırma işlemlerini hızlandırmak, büyük veri yığınları içerisinde benzer kayıtları bulmak ve DNA dizisindeki benzer dizilimleri tespit etmek gibi işlemler için kullanılır (Knuth, 1998).

Blokzinciri yapısındaki her bir düğüm ve katılımcı kendisini tanımlayan ve hash olarak adlandırılan benzersiz bir 30 karakter üstünde kodlanan alfanümerik adrese sahiptir. Böylelikle, katılımcılar herhangi bir isim kullanmadan faaliyetlerini sürdürebilirken aynı zamanda kimliklerini üçüncü kişilere kanıtlayabilirler (Iansiti ve Lakhani, 2017).

Blokzinciri teknolojisinde herhangi bir merkeze bağlı kalmadan gerçekleştirilen iletişimin dağıtık veri tabanı ile sağlandığı görülmektedir. Ayrıca bu zincirin veri depolama işlemlerinde kullanılan şifreleme yöntemlerinin hashing algoritması ve kriptoloji fonksiyonlarıyla sağlanmaktadır. Aynı zamanda bu sistemin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında katılımcılar arası fikir birliğini sağlayan mutabakat mekanizması kullanılmaktadır.

1.2. Blokzinciri Teknolojisinin Tedarik Zinciri Yönetiminde Kullanılması

Tedarik zinciri, ürün ya da hizmetin hammadde tedarikçiden başlayıp son tüketiciye ulaştırılincaya kadar tedarikçiler, üretim yerleri, depolar, dağıtım merkezleri, toptancılar, perakendeciler, vb. gibi paydaşların koordinasyonunun sağlanarak süreç içerisindeki gerçekleştirilen faaliyetlerin sevk edilip kontrolünün sağlandığı zincirdir (Lai ve

Cheng, 2016). Tedarik zinciri süreçlerinin etkin bir biçimde yönetilmesi işletmelere rekabet avantajı, maliyetleri azaltma, verimlilik artışı ve müşteri memnuniyetinin artırılması gibi konularında avantajlar sağlar.

Günümüzde küresel normlu büyük işletmeler bile tedarik zincirinin son derece karmaşık yapısı nedeniyle zincir içerisindeki paydaşlarla uçtan uca bilgi bağlantılarını oluşturma ve uygulama konusunda sorun yaşayabilmektedirler. İşletmeler tedarik zincirinin karmaşık yapısı içerisinde karşılaşılan bu gibi iletişim ve mutabakat sorunlarını çözmek ve ayrıca aralarındaki entegrasyonu güçlendirmek için tedarik zincirinin dijitalleşmesi süreçlerine önem vermişlerdir. Tedarik zincirin dijitalleşmesi kavramını belirli bir ekosistem içerisinde entegre iş birliğinin sağlanması şeklinde tanımlayabiliriz. Ayrıca dijital tedarik zinciri belirli gereksinim ve amaçlarla bir araya gelmiş olan birçok ortaklı yapıya bağlı tedarikçileriyle birlikte paydaşlarla bütünleşmeyi yöneten merkezi bir sistem yapısıdır.

Bununla birlikte işletmelerin uyguladıkları tedarik zinciri stratejilerinin, sahip oldukları rekabet gücü üzerindeki direkt etkilerinin görülmesi hem akademik alanda hem de iş dünyasında dikkatlerin bu alanlara yönelmesine neden olmuştur. Bu stratejilerden biri olan tedarik zinciri entegrasyonu da işletmelere sayısız yararlar sağlamaktadır. Tedarik zinciri entegrasyonunun sağlanması için en önemli destek bilişim teknolojilerinden gelmektedir. Buradan yola çıkarak hem tedarik zincirinin dijitalleşmesinin hem de tedarik zinciri entegrasyonunun etkin bir biçimde sağlanmasında günümüzde hızla gelişen ve yakın gelecekte birçok çalışma alanını da etkileyeceği düşünülen blokzinciri teknolojisinin kapsamlı çözümler getireceği söylenilebilir.

Tedarik zincirinin performansı, işletmenin rekabet performansını doğrudan etkileyecek olan faktörlerden birisidir.

Bu yüzden doğru bir şekilde oluşturulmuş olan tedarik zinciri yapısı belirsizlik ortamında işletmenin sorumluluklarını yerine getirmesine yardımcı olur, paydaşlarına güven verir ve maliyetlerin düşmesini sağlayarak işletmenin kar payının artmasına da destek olur. Tedarik zinciri entegrasyonu, işletmeler açısından en önemli tedarik zinciri stratejilerinden biridir ve zincir içerisindeki elemanlarının özellikle ara birimlerde bir bütün gibi davranmaya ne kadar yakın olduklarını belirlemek için kullanılır. (Hill ve Scudder, 2002). Araştırmalar, tedarik zinciri entegrasyonunun benimsenmesinde etkili olan en önemli üç etmeni rekabet avantajı, performans artışı ve trend etkisi şeklinde sıralamaktadır. Neticede özellikle bilişim teknolojilerine destek olan blokszinciri teknolojisinin tedarik zinciri entegrasyonu sağlanmasında kullanılmasıyla söz konusu etmenlere işletmelerin ulaşması daha hızlı olacaktır.

Tedarik zinciri entegrasyonu, zincirdeki bütün paydaşlar arasında kapsamlı bir şekilde ileri (tedarikçiye) ve geri (müşteriden tedarikçiye) veri alışverişi gerektirmektedir. Bu şekilde bir akışın teknik olarak sağlanması için ileri teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Tedarik zinciri entegrasyonunun sağlanması için kullanılan teknolojiler şu şekilde sıralanabilir: EDI (Electronic Data Interchange) – Elektronik Veri Değiş-Tokuşu (Hill ve Scudder, 2002), Web Tabanlı Sistemler (Frohlich ve Westbrook, 2002) ve portallardır (Boyson ve diğerleri, 2003). Ayrıca tedarik zinciri boyunca ilk olarak kullanılan Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) ve Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) gibi yazılım tabanlı sistemlerde mevcuttur. Bu kapsamda yıkıcı bir ileri teknoloji olarak blokszinciri teknolojisinin tedarik zinciri entegrasyonunun sağlanması, performansının artırılması ve dijitalleşmesinin sağlanması için iş akışlarına yakın gelecekte büyük katkıları olacağı düşünülmektedir.

Yapılan literatür bazlı incelemelere (Özellikle, Borman, 2004; Boyson ve diğerleri, 2003; Frohlich ve Westbrook, 2002; Lee ve Whang, 2003) ve sektörel uygulamalardan yola çıkarak etkin bir tedarik zinciri entegrasyonunun oluşturulabilmesi için temel faktörleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- Sistemin gerçek zamanlı veri transferine imkân tanınması,
- Alıcı ve satıcılar arasında kesintisiz iletişim kurulması,
- Zincir içerisindeki bütün firmaların entegrasyona katılımının sağlanması,
- Tedarik zincirindeki sipariş verme, depolama, yükleme, dağıtım, vb. gibi süreçlerin standartlaştırılması,
- Tedarik zinciri ilişkilerinin doğru olarak belirlenmesi,
- Paylaşılacak bilgilerin etkin bir şekilde belirlenmesi,
- İnsan faktörünü en aza indirerek sistem üzerindeki veri girişinin mümkün olduğunca otomatikleştirilmesi.

Tedarik zinciri entegrasyonunun sağlanmasındaki bu başarı ölçütlerine bakıldığı zaman aslında temel olarak blokzincirin mimarisi yapısal anlamda bu ölçütleri ve daha da fazlası olan güven, veri gizliliği, fikir birliği vb. gibi durumları sağlamaktadır. Bu yüzden tedarik zinciri entegrasyonunun sağlanmasında blokzinciri teknolojisinin kullanılması kaçınılmaz olacaktır.

Bu konu üzerine yapılan bir çalışmada blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri entegrasyonunun sağlanmasına yardımcı olacağı belirtilmiştir. Bu sayede işletmelerin tedarik zincirinde blokzinciri ile yeni çözümler ve uygulamalar geliştirebilecekleri vurgulanmıştır (Hofmann ve Rüsch, 2017).

Aynı zamanda tedarik zincirinin doğru bir yapı içerisinde uygulanması işletmenin büyümesi, karlılığın artması ve

maliyetlerin azalması gibi oldukça önemli çözümler sunar. Tedarik zinciri süreçlerinin yönetilmesinde karşılaşılan en temel sorun erişilebilen bilginin yetersiz olmasıyla izlenebilirliğin yeteri kadar sağlanamamasıdır (Tian, 2016). Bununla birlikte hammaddelerin birçok farklı tedarikçiden temin edilmesi, karmaşık üretim süreçleri yapısının olması, birçok farklı ülkeden çok çeşitli paydaşların dağıtım kanallarında bulunması, ürün teslim süreci içerisinde birçok farklı ülkeden geçilmesi ve her devlete ait gümrük uygulamalarının farklı olması gibi süreçler tedarik zinciri kontrolünü zorlaştırmaktadır. Aynı zamanda birçok farklı ödeme çeşitlerinin olması, yetersiz belge ve doküman yönetimi ile paydaşlar ve süreçler arası tam güvenin sağlanamaması gibi durumlardan dolayı da tedarik zinciri süreçleri gittikçe daha da karmaşık bir hale gelmektedir. Bu noktada blokszinciri teknolojisinin sahip olduğu özelliklerle tedarik zinciri süreçlerindeki bu gibi birçok soruna çözüm sunacak potansiyelde olduğu görülmektedir.

Birçok blogun sıralanması ile birlikte oluşmuş olan bu teknoloji, zincir üzerindeki bütün işlemleri özel kriptografik bir şifreleme ve doğrulama mekanizmasıyla güvenli bir şekilde kaydedebilmektedir. Bu yüzden blokszinciri tedarik zinciri performansını artırmak üzere etkin çözümler sağlayabilen ve yenilikçi özellikleri olan bir teknolojidir (Tribis ve diğerleri, 2018).

Tedarik zinciri, birden fazla aktörün bulunduğu birçok fiziksel akışın ve gerçekleşen bu akışları destekleyen bilgi paylaşımlarının yer aldığı bir yapıdır. Bu yapı ve akış boyunca siparişin alınmasıyla başlanarak doğru ürünün, doğru miktarda, doğru koşullarda, doğru yerde ve zamanda ulaştırılmasına kadar birçok faaliyet gerçekleştirilmektedir. Blokszinciri teknolojisi ve tedarik zincirinin uygulama mimarisi bahsedilen bu yönlerden

bakıldığında birçok benzerlikler göstermektedir (Rodrigue, 2018).

Günümüzde hızla gelişen dijital teknolojilerin kullanılmasıyla veri paylaşımı ile ilgili yapısal kısıtlamalar çözülmektedir. Burada veri paylaşımını uygun bir şekilde sağlayabilmek için en büyük engel uçtan uca güven sorunudur. Blokzincirin taraflar arasında yaşanan bu güvensizliği ortadan kaldırmak için büyük bir potansiyel gücü olduğunu söyleyebiliriz. Kuşkusuz tedarik zincirinde yaşanan en büyük sorunlardan birisi de taraflar arasındaki güven sorunudur. Blokzinciri teknolojisi sahip olduğu bu güçlü potansiyeli ile tedarik zincirinin daha etkin bir şekilde yönetilmesine imkân sağlayacaktır. Konuyla ilgili hem yöneticiler hem de sektör uzmanları tedarik zinciri süreçlerinde blokzincirin kullanılmasının mevcut klasik sistemin güvenlik açıklarını ve verimsizliğini ortadan kaldırma konusunda ciddi potansiyelinin olduğunu vurgulamaktadırlar.

Tedarik zincirindeki ihtiyaçlar göz önüne alındığında blokzinciri teknolojisinin sahip olduğu özellikleri ile veri altyapısı konusunda çözümler getirecektir. Tedarik zinciri içerisindeki süreçlerin mevcut yapısı gereği birçok farklı işletmenin kontrolünde ve farklı sistem ağlarında dağıtık şekilde bulunan veriler blokzincirin kullanılmasıyla doğru, tutarlı ve verimli bir şekilde kaydedilip izlenebilecektir. Bununla birlikte verinin izlenebilirliğinin sağlanması adına bütün bilgileri elinde bulunduran merkezi bir otoriteye ihtiyaç olmayacaktır. Blokzinciri mimarisi birçok farklı sektördeki işletmelerin beraber çalışırken karşılaştıkları sorunlara çözüm sunarak süreçleri hızlandıracak, karşılıklı etkileşimi güçlendirecek ve tarafların birbirlerine güven duymalarını sağlayacaktır.

Sonuçta, blokzinciri teknolojisi süreçlerin geçerli ve etkili bir biçimde ölçülmesini sağlayarak temel tedarik zinciri

yönetimi işlemlerinin performansını kolaylaştırır. Herhangi bir veri veya işlem blokszinciri defterine girdikten sonra değiştirilemez. Tedarik zinciri açısından bakıldığında zincirdeki diğer tedarikçiler de siparişleri, sevkiyatları, teslimatları ve gelişmeleri izleyebilir. Aralarında çift yönlü bilgi, ürün ve malzeme alışverişi yapılabilir. Bu şekilde, blokszinciri teknolojisi tedarikçiler arasında güven oluşturmaktadır. Ayrıca bu sayede aracı denetçileri ortadan kaldırarak verimlilik artışı sağlanıp maliyetler düşürülebilir.

1.3. Blokszinciri Teknolojisinin Tedarik Zincirine Getirdiği Avantajlar

Günümüzde iş dünyasının yükselen değerleri arasında tedarik zinciri yönetimi kavramı gelmektedir. Tedarik zinciri yönetimi, genel anlamda bir malın hammadde olarak üreticiye ulaşması ve üreticiden son tüketiciye ulaşıncaya kadar geçtiği rotanın optimize edilerek maliyetlerin düşürülmesi olarak tanımlanabilir. En temel haldeki bu tanımlı genişletirsek, tedarik zinciri yönetimi, ürünün en uygun şekilde akışını sağlayarak stok maliyetini düşürmeyi, ürün sevkiyatındaki belirsizlikleri azaltarak kritik karar alma süreçlerini en aza indirmeyi, lojistik maliyetleri azaltmayı, sipariş sistemini netleştirerek planlama giderlerini ve sipariş maliyetini minimize etmeyi amaçlayan faaliyetler bütünüdür.

Aynı zamanda tedarik zinciri kavramı bilgi, ürün, malzeme, hizmet ve para akışının uçtan uca gerçekleştiği bir sistemdir ve bu akışın doğru bir şekilde yönetilmesi işletmelerin rekabetçi konumunu etkilemektedir. Klasik tedarik zinciri yapısında genel olarak bilgi paylaşımı doğrudan iletişim kuran taraflarca gerçekleşir. Söz konusu gerekli bilgiler karmaşık zincir yapısı ilerledikçe tamamen paylaşılamamakta ve son tüketiciye yetersiz veriler ulaşmaktadır. Bu durum da zincir

içerisindeki paydaşlara olan güveni olumsuz yönde etkilemektedir. Tedarik zincirini yönetirken işletmelerin karşılaştıkları sorunlar genellikle şeffaflık, izlenebilirlik, güven, esneklik ve paydaş yönetimi gibi konulardır. Bu durumla ilgili örnek vermek gerekirse ilaç sektöründe tedarikçiler ve üreticiler arasında doğrudan kurulan bir uçtan uca iletişimden bahsedebiliriz. Ancak zincir boyunca bazı dağıtıcıların da bulunmasından dolayı veri doğruluğu sağlanamamakta ve hastalar öğrenmek istedikleri bilgilere ulaşmada sorunlar yaşamaktadır. Bu gibi sorunların gıda ve otomotiv sektörlerinde de görüldüğünü söyleyebiliriz. Buradan yola çıkarsak blokzinciri teknolojisi klasik tedarik zinciri yapısından ayrılarak ürün ve hizmetlerin çıkış yerlerinden son tüketiciye ulaştırılınca kadar etkili bir gözetim zinciri sağlamaktadır. Bu teknolojinin dağıtık yapısı ile uçtan uca izlenebilir ve şeffaf bir denetim sistemi sağlayarak ürün ve hizmetlerin çıkış yerlerine, özgünlüklerine ve kalitelerine dair güvenilir bilgiler elde edilebilir. Blokzinciri içerisindeki bütün işlemlerin sağlanan fikir birliği mutabakatı ile değiştirilemez oluşu güvenilir bir veri bütünlüğü sunup dolandırıcılığı önleyerek süreçlere uyumlu bir sistem sağlamaktadır. Ayrıca akıllı sözleşmelerin kullanılmasıyla oluşan gerçek zamanlı izlenebilirlik kavramı tedarik zinciri içerisindeki taraflara hızlı karar alabilme ve maliyetlerin azaltılmasıyla birlikte stok seviyelerini iyileştirme avantajı sunmaktadır. Bu teknoloji güvenli dijital imzaların kullanılmasıyla taraflar arası etkileşim ve yönetim sağlayarak araçları ortadan kaldırmaktadır.

Mevcut blokzinciri uygulamalarına ve çalışmalarına bakıldığında, bu teknolojinin maliyetleri azaltarak organizasyonel etkinliği ve müşteri değerini arttırdığı görülmektedir. Blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmelerde kullanılmasıyla birlikte ticaret finansmanı, tedarik zincirinin izlenmesi, sertifikalandırılması, dijital belge yönetimi, bakım

onarım faaliyetlerinin kontrolü gibi konulara çözüm getirilecektir. Ayrıca blokszincirinin tedarik zinciri yönetimine şeffaflık, izlenebilirlik, güvenlik, dolandırıcılığın önlenmesi, denetlenebilirlik, ürün güvenliği, karşı taraf riskinin azaltılması gibi konularda da önemli katkılar sağlayacağı görülmektedir (Villalmanzo, 2018).

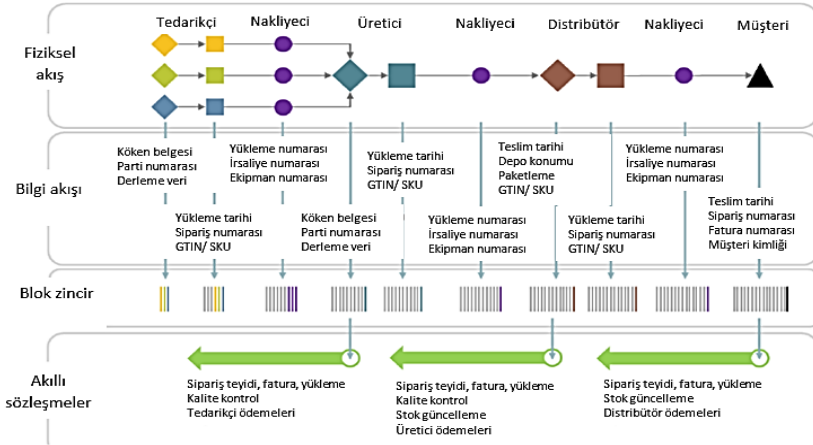
Tedarik zinciri boyunca herhangi bir ürünün lojistik süreçleri içerisinde ürünün menşei, rotasını, üreticisini, uygulanan işlemleri, tedarik sürecindeki ödenen ücretleri, depolama ya da dağıtım sırasındaki ürünün ısı ve basınç seviyelerinin izlenip kontrol edilebilmesi için blokszinciri teknolojisinden yararlanılabilir. Ayrıca bu teknoloji klasik tedarik zincirine işlem ve veri doğruluğunun kontrol edilmesi, dijital doküman yönetimi, süreç yönetimi, esneklik, izlenebilirlik ve şeffaflık konularında da çözümler sunmaktadır. Merkezi bir otoriteye gerek kalmadan üreticiden son tüketiciye kadar güvenilir ve tam zamanlı bir gözetim zinciri sunan bu teknoloji diğer bilişim teknolojileriyle entegre bir yapı içerisinde birleştirildiğinde daha güçlü bir çalışma prensibi sunmaktadır. Akıllı sözleşmelerde kullanılmasıyla gerçek zamanlı izlenebilirlik ve şeffaflık sağlayan blokszinciri, tedarik zinciri içerisindeki paydaşlara daha hızlı yanıt verebilme, stok kontrollerini daha etkili yapabilme ve ürün geri dönüşlerini azaltma imkânı sunmaktadır. Ayrıca bunlarla birlikte dijital kimlik ve imzalar ile taraflar arasında merkezi otoritesiz yapı içerisinde veri paylaşımı ve güvenilir bir etkileşim sağlamaktadır.

Blokszinciri teknolojisi, üretim ve lojistik maliyetlerini büyük ölçüde azaltmaya, üretim süreçlerini hızlandırmaya, üretim süreçlerindeki araçları azaltmaya ve aynı zamanda evraklarda ve süreçlerde yaşanabilecek olan sahteciliği önlemeye imkân sağlamaktadır (Zhang, 2018). Ayrıca dijital

doküman yönetimi ve ürün takibi konularında da blokzinciri mimarisinin lojistik sektöründe uygulanması son derece önemlidir. Bunlarla birlikte blokzinciri teknolojisinin sahip olduğu değişmezlik, şeffaflık, izlenebilirlik ve güven kavramları lojistik sektöründe kolaylıkla uygulanarak ürün, malzeme, veri ve süreçlerin blokzinciri ile kontrolü lojistik sektörüne büyük katkılar sunacaktır (Bross, 2017).

Blokzinciri teknolojisinin bahsedilen bilişim teknolojileri ile entegre bir yapı içerisinde kullanılmasına dair uygulama örneği olarak nesnelerin interneti (internet of things – IoT) teknolojisi gösterilebilir. IoT teknolojisi tabanlı donanım ve yazılımlar verileri daha hızlı elde edebilmek, üretkenliği artırmak, kaynakların etkin kullanımını sağlamak, ürün geri dönüşlerini azaltmak ve üretim maliyetlerini azaltmak gibi birçok konuda çözümler sunmaktadır. Üretim aşamasından son tüketiciye ulaştırılana kadar birçok kez el değiştiren ürün ve malzemelerin paydaşlar arasındaki değişim kayıtlarının IoT altyapısı ile desteklenen blokzinciri mimarisinde depolanmasıyla dağıtık bir yapı içerisinde zaman tasarrufu ve önceki kayıtların izlenebilirliğinin sağlanması neticesinde güçlü bir denetim mekanizması kurulmaktadır. Aynı zamanda nesnelerin interneti ve blokzinciri teknolojilerinin akıllı sözleşmelerde kullanılmasıyla maliyet artışına ve daha fazla zaman tüketimine sebep olan dokümantasyon süreçlerinin ortadan kaldırılması sayesinde akıllı tedarik zinciri kavramı organizasyonlarda uygulanabilecektir.

Şekil 6. Tedarik Zinciri Süreçlerinde Blokszinciri Uygulaması



Kaynak: Rodrigue, 2018: 22.

Şekil 6'da blokszinciri teknolojisinin tedarik zinciri süreçlerinin yönetilmesinde nasıl ve hangi yapı içerisinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Söz konusu bu uygulama örneğinde fiziksel akış, bilgi akışı, blokszinciri ve akıllı sözleşmeler olmak üzere dört temel süreç mevcuttur. Bu süreçler ve uygulama şekli aşağıda sırasıyla açıklanmıştır:

- **Fiziksel akış**, tedarikçilerden üreticilere ve distribütörlerden son tüketicilere doğru arada taşımacıların da bulunduğu işlemler ve hareketler bütünüdür. Bu akış üretim tesislerini, depoları, dağıtım merkezlerini, taşımacılık modlarını ve terminalleri içermektedir.
- **Bilgi akışı**, bütün tedarik zinciri yapılarında bulunan ve çift yönlü gerçekleşen bir süreci ifade etmektedir. Bu akış ile ilgili bir örnek vermek gerekirse herhangi bir tedarikçisinden parça siparişi veren bir üretici, bir ürün kodu ya da stok kodu için sipariş numarası oluşturur. Söz konusu bu bilgiler üretim verileriyle ilişkilendirilir. Daha

sonra taşıyıcı firma önceden belirlenmiş olan taşıma aracında yük ile ilişkili bir sipariş ve sevkiyat kodu oluşturarak karşılıklı bilgi akışı sağlanmış olur.

- **Blokszinciri**, kullanılmadan önce söz konusu bilgi akışları çeşitli bilgi sistemleri, fiziksel dokümanlar ve işgücü kullanılarak yapılmaktaydı. Ancak blokszinciri teknolojisinin kullanılmasıyla birlikte tedarik zinciri süreçlerinde yaşanan bilgi ve fiziksel akışlar bloklara eklenerek depolanırlar. Oluşturulan bütün bu bloklar birbirleriyle bağlanarak tedarik zincirin sonuna kadar gerçekleştirilen bütün süreçleri, paydaşları ve özel bilgileri güvenilir bir şekilde zincirlere dönüştürmektedir.
- **Akıllı sözleşmeler**, herhangi bir blokszinciri yapısındaki verileri kullanarak üzerine mutabık kalınan sözleşmelerin otomatik bir şekilde doldurulmasıyla oluşmaktadırlar. Akıllı sözleşmelerde zincir içerisindeki bütün tarafların anlaşması sağlanmadan herhangi bir değişiklik yapılması söz konusu değildir. Bu gibi sözleşme süreçleriyle ilgili bir örnek vermek gerekirse ürün miktarı, kalitesi, sıcaklığı ve teslim zamanı gibi sözleşme kriterlerinin tümünün sağlandığı bir teslimattan sonra gerekli ödeme otomatik olarak gerçekleştirilir (Rodrigue, 2018).

Söz konusu bu açıklamalar ve uygulama örneklerinin ardından blokszinciri teknolojisinin tedarik zincirine sağladığı faydaları maddeler halinde aşağıdaki şekilde açıklayabiliriz;

***Seffaflığın Sağlanması:** Tedarik zinciri süreçlerinde yaşanan en büyük sorunlardan birisi seffaflığın yeterince sağlanamamasıdır. Söz konusu bu durum ürünlerin tedarik zinciri boyunca takip edilebilirliğini güçleştirmektedir. Bununla birlikte blokszincirin tedarik zincirinde kullanılmasıyla ve Radyo

Frekanslı ile Tanımlama (RFID), barkod, ve otomatik kimlik tarayıcılar gibi sistemlerin de sürece dahil edilmesiyle şeffaflık sağlanabilir (Kırbaş, 2018). Bu konu ile ilgili bir örnek vermek gerekirse, gıda sektöründe herhangi bir sebepten dolayı bir salgın çıkmışsa tedarik zincirindeki taraflar blokszinciri tabanlı bir sistem ile zararlı içeriklerin neler olduğunu, barkod numaralarını, üretici bilgilerini, son tüketim tarihini, dağıtım bilgilerini ve teslimat adreslerini görebilmektedir (Hackius ve Petersen, 2017).

Blokszinciri teknolojisinin tedarik zinciri yapısında etkin bir şekilde kullanılabilmesi için zincirdeki bütün paydaşların katılımı gerekmektedir. Aslında burada söylenilmek istenilen tedarikçilerin, üreticilerin, perakendecilerin, lojistik hizmet sağlayıcıların, finans kuruluşlarının, gümrük otoritesinin ve zincir içerisindeki diğer bütün paydaşların ortak bir ağa dahil olup bilgilerini dijital olarak tek bir blokszinciri veritabanına kaydetmesidir. Bu teknolojinin kullanılmasıyla zincirdeki bütün paydaşlar tedarik zinciri boyunca yapılan işlemlere ulaşabilirler. Örneğin, üreticiler hedef pazarlarıyla ilgili bilgileri ve müşteri tercihlerini gözlemleyerek üretim miktarlarıyla ilgili daha tutarlı bilgiye sahip olurlar ve bu sayede arz ve talep dengesini sağlayabilirler. Aynı zamanda tüketiciler de ürünün içeriklerine, üretim yerlerine, ürünlerin yasal izin ve sertifikalarına ulaşarak tedarik zinciri boyunca şeffaflık sağlanmış olur (Lefroy, 2017).

***Ürün ve Veri Güvenliğinin Arttırılması:** Açık ya da izinsiz blokszinciri yapılarında bütün işlemler oluşturulmuş bir fikir birliği sistemiyle doğrulanmaktadır. Özel ya da izinli blokszinciri yapılarında ise işlemler kimliği doğrulanmış düğümler sayesinde doğrulanmaktadır. Bahsedilen bu mekanizmalar bloklar içerisinde kaydedilen işlemlerin ve verilerin doğruluğunu sağlayarak güvenli bir yapıyı oluşturmuş olurlar. Tedarik

zincirindeki bütün paydaşların dahil olduğu blokzincirin kullanılmasıyla birlikte ürüne ait bütün kaynaklara ve verilere erişimin mümkün olduğu bir sistem sunulmaktadır. Aynı zamanda ürün güvenliğini sağlamak için blokzinciri sistemlerine entegre eden birçok gıda işletmesi ve perakendeci bulunmaktadır.

Tedarik zinciri süreçlerinin karmaşık yapısı zincir içerisindeki birçok paydaşın kontrol edilmesini oldukça güçleştirmektedir. Oluşturulan bu sınırlı kontrol mekanizması birçok detayın göz ardı edilmesine ve güvenlik açıklarına sebep olmaktadır. Bunun neticesinde de ürün kayıpları, dolandırıcılık, hırsızlık, sahtecilik gibi istenmeyen durumlar oluşabilmektedir (Madhwal ve Panfilov, 2017). Ayrıca değerli ürünlerin benzerleri yapılabilmekte veya tedarik zinciri boyunca kayıplar yaşanabilmektedir. Bu konu ile ilgili örnekler vermek gerekirse pırlanta, elmas, ilaç, saat ya da çanta gibi ürünlerin gerçeklerine yakın sahte ürünler yapılabilmekte ve bu durumlar çoğu zaman tespit edilememektedir. Ancak blokzinciri teknolojisinin kullanılmasıyla bu gibi ürünlere ait bütün bilgiler güvenilir bir yapı içerisinde kaydedildiği için ürünlere ait bilgilerin istenildiği zaman doğrulanması kolay olmaktadır (Hackius ve Petersen, 2017: 8).

***Ödeme Sistemlerinin Kolaylaştırılması:** Tedarik zincirinde ödemelerin gecikmesi bütün sürecin aksamasına neden olmaktadır. Blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmelerde kullanılmasıyla gerekli ödemeler daha çabuk gerçekleştirilebilmekte, yapılan işlemlerin maliyetleri azaltılmakta ve ödemelerde sahtekarlığın önüne geçilmektedir (Francis, 2018).

Ayrıca yaşanan bu gibi sorunlar tedarik zinciri süreçlerinde bir dalgalanma etkisine sebep olmaktadır. Bu yüzden akıllı sözleşmelerle birlikte bir mutabakat sağlanarak

anlaşmaya dahil olan taraflar manuel bir müdahaleye gerek kalmadan gerekli ödemeleri otomatik olarak gerçekleştirebilirler. Bu sayede tedarik zinciri süreçlerinde yaşanan olumsuz dalgalanmalar ortadan kaldırılarak finansal işlemlerin gerçekleştirilmesi daha kolay sağlanmış olur.

***İzlenebilirliğin Sağlanması:** Tedarik zinciri içerisindeki bütün paydaşların hammadde, malzeme ve ürünlerle ilgili bilgileri, dağıtım işlemlerini ve ürünlerin geçtiği süreçleri takip etmeleri son derece önemlidir. Blokszinciri teknolojisi ürünlerin üretim merkezlerinden son tüketim noktalarına kadar olan süreci değişmezlik ilkesiyle doğru ve güvenilir bir şekilde kaydetme imkânına sahiptir. Bu sayede tedarik zinciri boyunca kesintisiz bir şekilde ürün ve süreç izlenebilirliği sağlanmaktadır. Sağlanan bu avantaj ile zincirdeki bütün paydaşlar süreç ve işlemler hakkında sürekli bilgilendirilir.

Blokszinciri teknolojisinin sahip olduğu şeffaf mimarisi ile ürünlerin sıcaklık bilgileri, konumları, devir durumları ve kalite süreçleri gibi veriler zincirdeki bütün paydaşlarla eş zamanlı bir şekilde paylaşılabilir. Böylelikle tedarik zinciri süreçlerinde yaşanan sorunlar azaltılarak daha güçlü bir görünürlük ve izlenebilirlik sağlanılmış olur.

***İnsan Kaynaklı Hataların Azaltılması:** Tedarik zinciri boyunca firmalar her ne kadar kendi iş süreçlerinde gerekli belgelerin eksiksiz bir şekilde hazırlanmasını sağlasalar da tedarik zincirinin karmaşıklığı gerekli belgelerin kaybolması, eksik hazırlanması ve evraklarda teknik hatalar olması gibi birçok sorunla karşılaşmaktadır. Fakat blokszinciri teknolojisinin manuel bir işleme gerek kalmadan genel anlamda insan kaynaklı yaşanan hataları azaltma potansiyeline sahip bir yapısı mevcuttur (Tian, 2016).

Blokszinciri veritabanına herhangi bir işlem kaydedildiğinde zincirin anlaşma kodu devreye girer. Örneğin, eğer bir işlem anlaşmada bulunuyorsa hemen devreye aşınır ve fatura ödenir. Ancak bu fatura daha önce ödenmiş ise anlaşmaya bakılır ve doğrulanmayarak işlem kaydedilmemiş olur. İlgili faturanın hatalı yazılmasında ise doğrulama zincir içerisinde otomatik gerçekleşir. Bu sayede insan hatalarından kaynaklı süreçlerinde önüne geçilmiş olur (Francis, 2018).

***Dokümantasyon Kolaylığı:** Dağıtım ve taşımacılık süreçlerinde çok fazla dokümantasyon işlemi yapılmaktadır. Bu gibi işlemler işletmeler açısından zaman alıcı ve maliyetli süreçlerdir. Belirli sektörlere göre gerçekleştirilen satışlarla ilgili dokümantasyon işlem maliyetleri taşıma maliyetlerinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu süreçlerle ilgili en iyi örnek olarak konşimento hazırlanması verilebilir. Bu durum işletmelerin bünyelerinde dokümantasyon süreçlerini hazırlayan insan kaynağına ihtiyaç doğurmaktadır. Blokszinciri teknolojisiyle işletmelerin fiziksel evrak ihtiyaçları ortadan kalkacak olup işletmeler daha maliyet avantajlı bir yapı içerisine gireceklerdir (Hackius ve Petersen, 2017).

1.4. Blokszinciri Teknolojisine Geçişte Yaşanabilecek Zorluklar

Önceki bölümlerde blokszinciri teknolojisinin ne olduğu, teknik özellikleri, tedarik zincirinde kullanılması ve tedarik zincirine sunacağı faydalar ele alınmıştır. Bu bilgiler çerçevesinde her ne kadar blokszinciri teknolojisinin birçok sektör için çözümler sunacağı ve kapsamlı bir dönüşüm gerçekleştireceği söylenirse de aslında her yeni teknolojide olduğu gibi blokszinciri teknolojisinin de gelişim ve uygulama aşamasında belirli zorluklar ve riskler bulunduğunu söylenebilir.

Blokszincirin geliştirilmesi için yeterli seviyede yazılım, bilgisayar ve bilişim bilgisinin olması son derece gerekli unsurlardır. Bu konuda blokszinciri üzerine eğitim almış ve donanımlı insan kaynağının yeterli sayıda olmayışı sistemin geliştirilmesi açısından çözülmesi gereken bir durumdur. Ayrıca blokszinciri tabanlı katma değeri yüksek ve kullanıcı dostu uygulamaların geliştirilmesi uzun sürecektir. Bununla birlikte Bitcoin özelinde kabul edilmese bile diğer kripto para borsalarının güvenlik açıkları sebebiyle siber saldırılara maruz kalması sistem içerisindeki birçok kullanıcının finansal kayıplarıyla sonuçlanmıştır. Bahsedilen bu gibi durumlar finansal kullanım açısından kripto paralarla ilgili güvenlik endişelerini artırmaktadır. Aynı zamanda uluslararası yasaların ve düzenlemelerin tam anlamıyla oluşturulmaması, kripto paralara güvenmek isteyenlerin endişelerini de artırmaktadır.

Bahsedilen açıklamalar ve durumlardan yola çıkarak blokszinciri teknolojisinin birtakım zorluklarla karşı karşıya olduğu ve kendi yapısı içerisinde bu gibi zorluklara çözümler sunması gerektiği söylenebilir.

Çalışmanın bu bölümünde blokszinciri teknolojisine geçişte yaşanabilecek zorluklar teknik ve işletmeler açısından yaşanabilecek zorluklar olmak üzere iki temel başlık altında incelenmiştir.

1.4.1. Teknik ve Teknolojik Zorluklar

Bu kısımda blokszinciri teknolojisine geçişte uygulama açısından karşılaşılabilecek bazı teknik ve teknolojik zorluklar ele alınmıştır. Teknolojinin sahip olduğu teknik mimarisi gereği kendisine ait çözüm sağlayan birçok avantajı ve kolaylıkları olduğu gibi aynı zamanda kavram kanıtlama ya da uygulama aşamasında karşılaşılabilecek bazı zorlukları da mevcuttur. Bu zorluklar aşağıda detaylı incelemeler neticesinde açıklanmıştır.

1.4.1.1. Ölçeklenebilirlik (Scalability)

Bu kavram anlam itibariyle herhangi bir sisteme belirli kaynaklar ilave ederek artan miktardaki iş yoğunluğunun üstesinden gelebilecek bir yapının özelliğini ifade etmektedir. Blokzincirinde gerçekleştirilen işlem geçmişinin tümünün doğrulama ve uzlaşma için bütün ağdaki bloklarda aynı şekilde depolanmasından dolayı sistemin boyutu periyodik olarak artmaktadır. Blokzinciri ağındaki işlem sayısının kümülatif olarak artmasından dolayı giderek hantal bir hale gelmesi durumu bir ölçeklenebilirlik sorunudur (Zheng ve diğerleri, 2017). Ağdaki blok kapasitesi ve yayınlama hızı gibi sınırlamalar sebebiyle zincir içerisinde doğrulanan işlem sayısı sınırlı kalmaktadır.

Ölçeklenebilirlikle ilgili diğer sorunlar ise blok boyutu, blok oluşturma süresinin uzunluğu ve saniyede gerçekleştirilen işlem sayısının azlığıdır. Bu durumlarla ilgili örnek vermek gerekirse, Bitcoin temel versiyon blok boyutu 1MB, bir Bitcoin bloğu oluşturmak için geçen süre yaklaşık 10 dakika ve saniye başına gerçekleştirilen işlem sayısı ise 7 adet olarak bilinmektedir (Ataşen, 2019).

Gelişim ve tabana yayılma evresini tam anlamıyla gerçekleştiremeyen blokzincirin gelecekte karşılaşılabilecek adaptasyon ve verimlilik gibi zorluklarına teknolojinin yaygınlaşmasından önce çözümler getirilmelidir. Bitcoin Yıldırım Ağı (Bitcoin Lightning Network) projesi Bitcoin blokzinciri yapısındaki ölçeklenebilirlik problemini çözmek için tasarlanmış bir projedir (Burchert ve diğerleri, 2018). Mevcut Bitcoin blokzinciri ağında bütün işlem verileri bloklarda saklanırken bu projede taraflar birbirleri arasında transfer yapmak istediklerinde aralarında bir ödeme kanalı oluşturulur. Bu kanalın oluşturulmasından sonra kanal kapatma talebine kadar gerçekleştirilen bütün işlem verileri blokzincirine

eklenmez. Yalnızca söz konusu ödeme kanalı kapatılırken taraflara ait güncel bakiye bilgilerini içeren bir işlem blokta saklanır. Böylelikle blokszinciri ağına dahil edilecek olan işlem verisi azaltılmış olur (Tasatanattakool ve Techapanupreeda, 2018).

1.4.1.2. Gizlilik ve Güvenlik Sorunları

İzin gerektirmeyen açık blokszinciri ağ yapılarında gerçekleştirilen işlemlere ait bütün veriler ve bu işlemlerin geçmişleri internet bağlantısı olan herkes tarafından görülebilir şekildedir. Söz konusu bu durum aslında blokszinciri yapısının şeffaflığı ve izlenebilirliği için iyi bir özellik olmasına rağmen hasta kayıtları ve kişisel bilgiler gibi verilerin blokszinciri ağına kaydedildiği bazı süreçlerde belirli mahremiyet sorunları meydana gelebilmektedir (Tasatanattakool ve Techapanupreeda, 2018). Bu gibi durumların yaşanmaması için blokszincirinin gerekli yapısal mimarisinin kurulmak istenilen altyapı sistemi ile uyumluluğu son derece önemlidir.

Burada karşılaşılabilecek güvenlik sorunsalını başka bir şekilde ifade etmek gerekirse, blokszinciri oluşumunda %51 saldırısı olarak bilinen bu risk bir blokszinciri ağındaki bütün kullanıcıların yarısından fazlasının aynı olumsuz ve istenmeyen bir amaca yönelik harekete geçmesi durumunu ifade etmektedir.

1.4.1.3. İşlem Performansı

Blokszinciri sistemleri alternatif olarak tasarlandığı bazı alanlarda mevcutta kullanılan sistemlerle kıyaslandığında daha düşük işlem performansı sergilediği görülmektedir. Bu konuyla ilgili örnek vermek gerekirse, mevcut teknik yapısı itibarıyla Bitcoin mimarisinde kullanılan blokszinciri platformu saniyede ortalama 7 işlem gerçekleştirebilirken, günümüzde sıklıkla kullanılan modern kredi kartı sistemlerine ait platformlar saniyede yaklaşık 8000 işlem gerçekleştirebilmektedir.

Blokszinciri teknolojisinin işlem performansı noktasındaki sergilediği bu düşük performans göz önüne alındığında, blokszincirinin kullanım senaryolarına göre günümüzde halihazırda kullanılan bilişim teknolojileriyle birleştirilip entegre bir yapı içerisinde kullanılması işlem performansını arttıracak ve belirli iyileştirmeler yapacağı söylenebilir.

1.4.1.4. Yazılım Sorunları ve Siber Saldırıları

Blokszinciri temel itibarıyla oldukça yeni bir teknoloji olmasından dolayı mevcutta kullanılan blokszinciri sistemleri genelde deney ya da pilot uygulamalar şeklinde gösterilmektedir. Teknolojinin oldukça yeni olmasından kaynaklı öngörülemez yazılım hatalarının olması siber saldırıların yaşanmasına ve ayrıca açık blokszinciri sistemlerinde ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Sistemler üzerinde söz konusu bu açıkların düzeltilmesi ve yeniliklerin eklenmesi için sürekli iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır. Burada genellikle açık blokszinciri sistemlerinin dağıtık yapısı gereği iyileştirmeler ve güncellemeler gerçekleştirilirken bütün uç noktalar birlikte hareket ettiklerinden dolayı anlaşmazlık olduğunda çatallaşma durumu yaşanabilmektedir (Usta ve Doğantekin, 2017).

Herhangi bir merkezi otoriteye bağlı olmayan blokszinciri altyapısı bazı kötü niyetli yazılımcılar tarafından farklı amaçlar ve yapılar için oluşturulabilmektedir. Bu gibi durumlar da zincir yapılarının standart olmaması ve ağdaki katılımcıların herhangi bir sorunla karşılaştıklarında ilgili muhatap eksikliğinden dolayı sorunları çözememelerine sebep olmaktadır. Blokszinciri uygulamak isteyen taraflar bu gibi zorluklar ve sebeplerden dolayı teknolojiye daha temkinli yaklaşmaktadırlar. Bu yüzden sorunun çözümü adına IBM, Fujitsu ve Cisco gibi lider teknoloji şirketleri ile Accenture ve J.P. Morgan gibi finans şirketleri belirli blokszinciri sistemlerini bir arada toplamak adına bir konsorsiyum kurmuşlardır (Kuzuloğlu, 2016).

1.4.1.5. Çatallaşma (Fork)

Blokszincirinde bütün noktalar özel bir yazılım ile ağa dahil olurlar ve mutabakat yöntemine katılırlar. Söz konusu bu yazılımlar ağın potansiyelini geliştirmeye ve performansını artırmaya yönelik daima sistem geliştiricileri tarafından güncellenir. Blokszincirindeki her bir nokta ağın yerel bir kopyasına sahiptir ve bazı durumlarda yazılımdaki güncellemeler sonrasında güncellemeyi gerçekleştirenler ağa yeni blok eklemeye devam ederken, güncelleme yapmayanlar ağa yeni blok ekleyemezler, ancak eklenen blokları doğrulayabilirler ve sonrasında da bu blokları kendi zincirlerine kopyalayabilirler. İşte yaşanan bu süreç blokszinciri ağında bir geçici çatallaşma (soft fork) durumu ortaya çıkartır. Bazı yazılım güncelleme durumlarında ise güncelleme yapmamış noktalar mutabakat sürecine dahil olamayıp güncelleme yapmış noktaların oluşturduğu blokları doğrulayamazlar. Yazılım güncellemesi yapanlar ağda yeni bloklar ekleyebilirken güncelleme yapmayanlar yeni yapıya katılamaz ve sadece eski mutabakat yapısına yeni bloklar ekleyebilirler. Bu gibi durumlarda eski yapıdaki noktalardan bazıları yeni yapıya geçmeme kararı alabilir ve sonuç olarak birbirinden ayrılan iki blokszinciri ağı meydana gelir. Söz konusu bu duruma mecburi çatallaşma (hard fork) denilmektedir (Usta ve Doğantekin, 2017).

1.4.1.6. Şifreleme ve Kuantum Bilgisayarlar

Blokszinciri sistemlerinin en güçlü özelliklerinden bir tanesi kriptografidir. Söz konusu şifreleme altyapısı son derece güçlü olsa da, kuantum bilişim (quantum computing) gibi alanlardaki gelişmeler neticesinde ilerleyen zamanlarda bazı zafiyetler yaşanabileceği söylenmektedir. Günümüzde bilgisayarlarda sadece 1 ve 0 ile işlem yapılabilen ikili (binary)

sistemler kullanılmaktadır. Ancak kuantum bilgisayarlarda bunların yanında 1, 0 ve (1-0) şeklinde ifade edilen bu üç farklı durum Qubit adı verilen sistemlerde depolanmaktadır. Söz konusu bu bilgisayarlar klasik ikili sistemlere karşı milyonlarca kat daha hızlı işlem gerçekleştirebilme potansiyeline sahiptir. Kuantum bilişim üzerine gerçekleştirilen çalışmalar her ne kadar şu anda özel araştırma merkezlerinde yapılıyor olsa da ilerleyen zamanlarda birçok alanda erişilebilir duruma gelecektir. Kuantum bilişim sistemlerinin kabul edilebilir süreler içerisinde günümüzde kullanılan gelişmiş ikili şifreleme sistemlerini kırması mümkün gözükmemektedir. Söz konusu bu durum blokzinciri teknolojisi için bir risk olarak görülmektedir. Ancak zaman içerisinde blokzinciri gibi sistemlerin genele yayılmasıyla birlikte şifreleme işlemleri de kuantum bilgisayarlar üzerinden gerçekleştirilebilecek ve bu gibi riskler de ortadan kaldırılabilir (Usta ve Doğantekin, 2017).

1.4.1.7. Finansal Kullanım Açısından Zorluklar

Blokzinciri teknolojisiyle ilgili yapılan akademik çalışmaların yaklaşık %80'i Bitcoin ile ilgiliyken, çalışmaların %20 ise akıllı sözleşmeler ve diğer blokzinciri uygulamalarına odaklanmıştır. Ancak burada finansal kullanım açısından verimlilik kapasitesi ve gecikme süresi gibi blokzincirin ölçeklenebilirlikle ilgili sorunları çözümlenmelidir. Blokzinciri teknolojisinin özellikle finans alanında kullanılabilmesi için kavram kanıtlamasını tamamlamış olmasına rağmen hem akademi tarafında hem de özel sektör tarafındaki araştırma merkezlerinde ölçeklenebilirliği ve sağlayabileceği çözümler açısından yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmalarda özet fonksiyon, açık anahtar altyapısı, çok partili imzalama, taahhüt şeması, sıfır bilgi protokolü ve eşleme tabanlı kriptografi gibi ileri kriptografik mekanizmalar ile dağıtık sistemler ve oyun kuramları araç olarak kullanılmaktadır (BİLGEM, 2017).

Blokszinciri teknolojisinin finansal açıdan kullanılmasına yönelik iş hacmi, gecikme, boyut ve bant genişliği, güvenlik, kaynak tüketimi, kullanılabilirlik, zor çatallar, çoklu zincirler ve mahremiyet gibi durumları karşılaştığı zorluklar olarak söyleyebiliriz. Bahsedilen bu teknik zorlukların blokszinciri teknolojisinin gelişmesi için birtakım sınırlamalar getirmesine rağmen blokszincirin temel mimarisinin bu gibi sınırlamaları çözeceği söylenilebilir. Ayrıca teknolojiyle ilgili bahsedilen bu sınırlamalar genel anlamda Bitcoin uygulamasına dayandırılmaktadır (Yli-Huumo ve diğerleri, 2016).

Genel olarak kripto para sistemlerinde kullanılan açık özel anahtarların saklanması sahibinin sorumluluğundadır. Söz konusu özel anahtarın kaybedilmesi durumunda son kullanıcıdaki şifrelenmiş işlemlerin sahipliğini doğrulayacak herhangi bir bilgi kalmamış olur. Özel anahtar başka bir kullanıcının eline geçtiğinde ise mevcut varlıkların sahipliği kaybedilmiş olur. Bu tarz sorunların oluşmasını engellemek için kullanıcıların anahtar verilerini koruyacak yeni aracı kurum mekanizmalarının kurulması beklenen bir gelişmedir. Bu gibi durumlara farklı alternatif çözümler sunan kripto para cüzdan uygulamaları, servisleri ve donanımları oluşturulmaktadır. Ancak bu gibi yapılarda da farklı güvenlik sorunları mevcuttur. Bu yüzden uzun vadede söz konusu özel anahtarların biyometrik verilere bağlanması hedeflenmektedir. Burada yaşanan bir başka durum ise PoW mutabakat sistemini kullanan açık blokszincirinde yeni blokların oluşturulması adına yapılan madencilik işlemi genellikle teşvik sistemiyle çalışır. Kripto para üretim miktarı sınırlı olan durumlarda teşvik yapısının sonlanmasıyla beraber oluşacak madenci davranış şekilleri noktasında net bir yargıya varmak şu an için mümkün gözükmemektedir (Usta ve Doğanterkin, 2017).

1.4.2. İşletmeler Açısından Yaşanabilecek Uygulama Zorlukları

Blokszinciri teknolojisinin birçok sektöre ve endüstriye getirdiği çözümlerle birlikte karşılaşılabilecek bazı teknik ve teknolojik zorluklarının da olduğu belirtilmişti. Aynı zamanda blokszincirin belirli sektörlerle ve bu endüstrilerdeki işletmelere uygulanması açısından da karşılaşılabilecek bazı zorluklarının ve süreçlerinin de olduğu söylenebilir. Bu gibi sorunların çözümünde işletmelerin daha önceden yapılmış blokszinciri uygulama örneklerine, kendi organizasyonel yapılarının potansiyel uygulama haritalarının çıkartılmasına ve uygulama master planlarının hazırlanmasına yönelik çalışmalar yapması gerekmektedir.

Tedarik zinciri süreçleri üzerindeki potansiyel katkılarıyla ilgili henüz yeterince bilginin ve uygulamanın bulunmadığı blokszinciri teknolojisinin daha net bir şekilde anlaşılabilmesi için sektörde yaşanan en ciddi sorunları tespit etmek ve aynı zamanda hem tedarik zinciri hem de lojistik sektörlerine çözümler sunabilmek için kapsamlı metodolojik ve ampirik çalışmalar yapmak gerekmektedir. Her yeni teknolojinin çıkışında yaşandığı gibi mevcuttaki birçok uygulamanın henüz pilot çalışma aşamasında olması, yatırım maliyetlerinin yüksek olması, işletmelerin uygulama konusunda yeterli bilgilerinin bulunmaması ve teknik anlamda eksikliklerinin olması sebebiyle teknoloji şirketleri ve işletmeler tarafından konuya tedbirle yaklaşılmaktadır. Bahsedilen bu durum blokszinciri üzerinde gerçekleştirilmesi planlanan çalışmalar ve uygulamalar için en büyük engellerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu bu sınırlamaların ve zorlukların çözülmesi için teknoloji üreticileri, araştırmacılar ve uygulayıcı işletmeler arasında yakın bir iş birliği ve etkileşim sağlanması gerekmektedir. Oluşturulan bu iş birlikleri neticesinde bilimsel ve sektörel anlamda katma

değerli faydalar sağlanarak uygulamalardan da daha gerçekçi ve faydalı sonuçlar elde edilebilecektir.

Bununla birlikte Deloitte danışmanlık ve araştırma şirketinin yaptığı çalışmalara göre blokszinciri teknolojisinin uygulama açısından önündeki en önemli engel olarak teknolojiyi kullanma ihtimali olan tarafların bu teknolojinin potansiyeline ilişkin yeterli seviyede algılarının olmaması gösterilmiştir. Blokszincirin önündeki diğer engellerin de teknolojinin yeterince olgunlaşmaması, Türkiye’de blokszinciri geliştirebilecek uzmanlığın istenilen seviyede olmaması ile mevzuat ve regülasyon altyapısının olmadığı belirtilmektedir. Deloitte tarafından 2019 yılında gerçekleştirilen küresel blokszinciri anketine (global blockchain survey) göre katılımcıların büyük bir çoğunluğu blokszinciri uygulama noktasında yasal sorunları en öncelikli engel olarak görürken, uygulama ve mevcut klasik sistemlerin dönüştürülmesindeki zorluk ile olası güvenlik riskleri bahsedilen diğer engellerdir. Ayrıca blokszinciri teknolojisinin nihai kullanıcılara ve ticari işletmelere başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için katılımcıların %41,1’i blokszincirin endüstri standartlarının ve pratiklerinin oluşturulmasının çok önemli olduğunu, %50,5’i ise bu durumun kendileri açısından kritik olmasa da önemli olduğunu ifade etmiştir (Deloitte, 2018).

Blokszinciri teknolojisinin tedarik zinciri süreçlerinde uygulanmasına yönelik karşılaşılabilecek zorluklar ve sınırlamalar içerisinde işlemlerin ölçeklendirilmesi, gizlilikle ilgili endişeler, ortaklaşa çalışma sorunları, sektörel öncülerin ve yöneticilerin konuyla ilgili çekinceleri ile blokszincirin teknik, teknolojik, ticari, yasal, davranışsal ve uygulama açısından işletmelere entegrasyonunun sağlanması gibi konular gösterilmektedir (Villalmanzo, 2018).

Blokszinciri teknolojisinin uygun sektörlere ve işletmelere uygulanması açısından bahsedilen bu açıklamalar ve sonuçlar neticesinde işletmelerin karşılaşılabilecekleri zorluklar daha da derinleştirilerek aşağıda belirli başlıklar altında incelenmiştir.

1.4.2.1. Bilgi ve Uzmanlaşmış İnsan Kaynağı Eksikliği

Blokszinciri teknolojisinin genel anlamda sağladığı faydalara ve çözüm yollarına bakılacak olursa kısa vadede birçok sektörü ve iş akışlarını kapsamlı bir şekilde etkileyeceği söylenebilir. Ancak burada teknolojinin uygulanması noktasında olgunlaşmış bilgi ve uzmanlaşmış insan kaynağı eksikliğinin yaşandığını da belirtmemiz gerekiyor. Günümüzde sektöre liderlik eden küresel teknoloji üreticilerinin farklı blokszinciri uygulama örnekleri üzerine çalışmaları devam etmektedir. Aynı zamanda işletmelerin teknolojiyi uygulama anlamında kendi bünyelerindeki ilgili insan kaynağını blokszinciri alanında araştırma ve geliştirme faaliyetleri gerçekleştirmeye sevk etmeleri gerekmektedir. Bu konuda işletmelere teknoloji alanında danışmanlık yapan şirketlerin, akademik çalışmalar yapan üniversitelerin, araştırma merkezlerinin ve devletin bu alanlarda çalışmalar yapan araştırma kuruluşlarının destekleyici faaliyetlerde bulunmaları gerekmektedir.

1.4.2.2. Blokszinciri İhtiyaç Analizi Eksikliği

Blokszinciri teknolojisini iş süreçlerine uygulamak isteyen sektörlerin ve işletmelerin kapsamlı ve gerçekçi çalışmalar neticesinde organizasyonel ihtiyaç analizlerini belirlemeleri ve bu doğrultuda blokszinciri için bir yol haritası oluşturmaları gerekmektedir.

Bu durumu daha da detaylandırmak gerekirse, blokszinciri yeni bir teknoloji olduğundan dolayı uygulayıcılar açısından ne gibi gereksinimlere cevap vereceği, avantajlı ve dezavantajlı yönleri, hangi işletmeler tarafından hangi blokszinciri türlerinin

hangi amaçla kullanılacağı detaylı bir şekilde araştırma yapılmadan belirli kararlar verilebilir. Ayrıca hem işletmelerin yakın çevreleri hem de sektörel paylaşımlar neticesinde işletmeler bu konuda yanlış karar alabilirler. Konuyla ilgili bazı örnekler vermek gerekirse, Singapur Ulusal Üniversitesi'nde gerçekleştirilen bir araştırmaya göre mevcutta oluşturulmuş birçok akıllı sözleşmeler de kodlama yapılarından dolayı bazı eksiklikler meydana gelmektedir. Ayrıca Bitcoin blokszinciri yapısındaki kaydedilen bütün işlem verilerinin saklanması neticesinde bu durum ağ yapısının yavaşlamasına sebep olmaktadır (Tasatanattakool ve Techapanupreeda, 2018). Söz konusu bu tarz durumların yaşanmaması için uygulanmak istenilen blokszinciri platformlarının verimliliği net bir şekilde belirlenmeli ve yeterli seviyede verim sağlayacağı düşünülmeyen platformların süreçlere uygulanmaması noktasında adımlar atılmalıdır.

1.4.2.3. Yatırım Maliyeti

Blokszinciri, operasyonel maliyetleri azaltmak ve iş akış süreçlerini hızlandırmak için etkili bir araç olarak kullanılabilecek potansiyele sahip bir teknolojidir. Fakat eski sistemlere yapılan yatırım maliyetleri düşünüldüğünde blokszincirin yeni bir sistem olarak yüksek bir yatırım maliyeti olduğu ve bu yüzden teknolojiyi uygulamak isteyen tarafların blokszinciri altyapısını eski sistemlerine entegre etmesinin zor olacağı söylenebilir. Blokszinciri teknolojisinin yatırım maliyetinin yüksek olması işletme sahiplerinin ve yöneticilerin bu konuda karar vermelerini güçleştirmektedir. Ayrıca bu alanda açık kaynak platformlarıyla pilot uygulamalar yapmak kolay görünse de özellikle yeterli seviyede insan kaynağının bulunmaması, öğrenme ve adaptasyon süresinin uzun olması ve hesaplanamayan yazılım risklerinin oluşabilmesi blokszinciri

teknolojisine toplam sahip olma ve uygulama maliyetini artırmaktadır.

1.4.2.4. Yüksek Enerji Tüketimi

Blokzinciri platformlarının genel olarak çoğunda yüksek hesaplamalar gerektiren PoW uzlaşma algoritma yapıları kullanılır ve bu algoritma yapılarında gerçekleştirilen yüksek hesaplamalar neticesinde düğümler bir sonuca varmak için yüksek enerji tüketimi gerçekleştirirler. Bu yüzden tüketilen yüksek enerjiden kaynaklı teknolojiyi uygulayan taraflar yüksek maliyetlerle karşı karşıya kalırlar (Tasatanattakool ve Techapanupreeda, 2018).

Bununla birlikte, blokzinciri platformlarındaki yüksek enerji tüketiminden dolayı karbon ayak izi etkisi oluşmaktadır. Bu duruma bir örnek vermek gerekirse, Bitcoin blokzinciri ağına yeni blok eklemek için madencilerin yaptığı işlem gücünün harcadığı elektrik miktarı dünyadaki bazı küçük ülkelerin harcadığı elektrik miktarından fazladır. Bu yüzden yeni alternatif mutabakat sistemlerinin tasarlanması ve enerji tüketiminin azaltılması adına birçok araştırma ve çalışma faaliyetleri sürdürülmektedir.

Blokzinciri yapısının yüksek enerji tüketmesiyle ilgili başka örnekler vermek gerekirse, 2019'da gerçekleştirilen bir araştırmaya göre blokzincirin en yaygın olarak bilinen örneği olan Bitcoin platformunun yıllık tükettiği elektrik miktarı yaklaşık 50 terawatt/saat şeklinde hesaplanmıştır. Söz konusu bu elektrik miktarı ise Avrupa'daki bütün su ısıtıcılarının 1 yıl boyunca tükettikleri elektrik miktarına, ABD genelindeki etkin bir şekilde kullanılmayan ev aletlerinin tükettiği 3 aylık elektrik miktarına ve Cambridge Üniversitesi'nin 365 yıllık elektrik ihtiyacına denk gelmektedir (Cambridge Alternatif Finans Merkezi, 2019).

1.4.2.5. Yasal Düzenlemeler ve Regülasyonlar

Blokszinciri teknolojisinin hem uygulama açısından geliştirilmesi hem de sektörel anlamda kabul görülüp kullanım yaygınlığının artırılması için gerekli olan yasal düzenlemelerin ve regülasyonların eksikliği teknolojinin gelişimini ve genel anlamda süreci olumsuz yönde etkilemektedir. Blokszincirin birçok farklı sektöre faydalar sağlayacağı ve çözümler getireceği görülmektedir. Bu konuya mevcut iş akışları, dış ticaret işlemlerinin yönetilmesi ve tedarik zinciri süreçleri açısından bakacak olursak yasal düzenlemelerdeki eksikliğin de aynı oranda teknolojinin gelişimi ve uygulama noktasında kabul görmesini etkilediği söylenebilir. Bu yüzden teknolojiyi kullanma potansiyeli yüksek olan gümrükler, ticaret bakanlıkları, diğer ilgili devlet kurumları, gemi hatları, tedarikçiler, dış ticaret yapan işletmeler, limanlar, terminal yönetimleri ve lojistik işletmeler gibi taraflar oluşturulacak belirli yasal düzenlemeler ve regülasyonlarla sürecin geliştirilmesi ve kullanılması için teşvik edilmelidir.

Bununla birlikte, oluşturulan blokszinciri uygulamaları ve platformlarının kendileri dışındaki mevcut düzenleyici yapılarda çalışmaları ve yönetilmesi gerekebilir. Ancak bu durum bütün endüstrilerdeki düzenleyicilerin teknolojiyi ve sektördeki işletmelerle tüketiciler üzerindeki etkisini belirlemek zorunda olduğunun da anlamına gelmektedir. Bu noktada eğer düzenleyiciler blokszincirin yapısını ve işleyiş sistemini yeteri kadar belirleyemedikleri durumlarda düzenlemeler ve regülasyonlardaki yapılan hatalardan dolayı bazı sorunlarla karşı karşıya kalabilirler (Girasa, 2018).

1.4.2.6. Uygulama Zorlukları

Blokszinciri teknolojisinin belirli sektörlerle ve işletmelere uygulanması açısından bazı uyarılma ve adaptasyon süreçlerinin

yönetilmesi gibi durumlar da karşımıza çıkmaktadır. Teknolojinin yeni olmasının ve yeterli seviyede üretimle insan kaynağının bulunmamasının getirdiği dezavantajlarla birlikte işletmeler öncelikle mevcut klasik sistemlerle yönettikleri iş akışları için farklı ve yeni ne gibi ihtiyaçları olduklarına karar vermeli ardından söz konusu bu ihtiyaçlarını blokzinciri teknolojisini ne şekilde kullandıklarında karşılayabileceklerine dair karar vermelidirler.

Bu ve benzeri durumları belirlemek için örnek vermek gerekirse, bir işletme mevcut iş süreçlerinde blokzinciri teknolojisini kullanmak istediğinde izlemesi gereken belirli adımlar ve süreçler mevcuttur. Bunlar;

- İşletme öncelikle kendi faaliyet alanına göre kurulacak bu blokzinciri ağında hangi oyuncuların ve tarafların olacağına karar vermelidir.
- Belirlenen bu taraflara ait örneğin hangi tedarikçilerle çalıştığı, hammaddelerin hangi aşamalardan geçtiği ve tedarikçilerin hangi ülkelerde bulunduğu şeklindeki net bilgiler belirlenmelidir.
- Blokzinciri ağının hangi altyapılar kullanılarak oluşturulacağına ve platforma kaç oyuncunun dahil edileceğine karar verilmelidir.
- Platformun teknik tarafının nasıl olacağı ve oyuncuların kendilerini bu sisteme nasıl dahil edecekleri belirlenmelidir.
- Verilerin nerede tutulacağına karar verilmelidir.
- Sürecin gizlilik yönetimi (secret management) altyapısının ve kimlik yönetiminin nasıl olacağı belirlenmelidir.

- İşlem sürelerine göre fikir birliği mekanizmalarının nasıl olacağına karar verilmelidir.
- Son olarak, zaman içerisinde işlemler ve katılımcılar arttığında sürecin ölçeklendirilebilmesinin nasıl sağlanacağı belirlenmelidir.

Temel itibarıyla bütün bu süreçlere baktığımızda işletmelerin blokszinciri teknolojisini kendi iş akışlarına uygularken izlemesi ve belirlemesi gereken birçok adımların olduğunu söyleyebiliriz. Ancak işletmelerin bu adımları belirlemeleri kolay olmamakla birlikte teknolojinin sağlayacağı katma değerli süreçlerin elde edilmesi açısından da bu süreçler işletmeler için son derece önemlidir.

İKİNCİ BÖLÜM

BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNE ETKİSİ

Birçok sektöre çözümler ve avantajlar sağlaması beklenen blokzinciri teknolojisine ait mevcut literatür çalışmalarının ve araştırmalarının belirlenip analiz edilmesi son derece önemlidir.

Bitcoin blokzinciri platformunun ortaya çıkışıyla adından söz edilmeye başlanılan blokzinciri kavramı ilk olarak finans alanında uygulama bulmasından dolayı yapılan akademik ve bilimsel çalışmalar da genel anlamda finansal açıdan blokzinciri teknolojisinin gelişimi üzerine olmuştur. Ancak teknolojinin sahip olduğu güçlü özellikleri ve özgün mimarisi sayesinde blokzincirin finans dışındaki diğer alanlarda ve sektörlerde de kendisine uygulama alanı bulacağı anlaşılmış ve bu alanlarda kullanılmasına dair çalışmalar hızlı bir şekilde başlamıştır.

Netice itibariyle mevcut literatüre blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri, üretim yönetimi, dış ticaret işlemleri, dijital doküman ve kimlik yönetimi, kamu hizmetleri, sigortacılık, emlak ve tıp gibi birçok farklı alanlarda kullanılmasına yönelik akademik çalışmalar ve uygulama senaryolarına dair araştırmalar dahil edilmiştir.

Bu kapsamda çalışmanın bu bölümünde blokzinciri teknolojisi ile ilgili mevcut literatür çalışmaları blokzinciri teknolojisiyle ilgili vaka analizleri, teknolojinin geliştirilmesi açısından ele alınan çalışmalar ve teknolojinin tedarik zinciri süreçlerinde kullanılması açısından ele alınan çalışmalar şeklinde üç temel başlık altında incelenmiştir.

2.1. Blokszinciri Teknolojisi Vaka Analizi (Case Study) İncelemesi

Blokszinciri teknolojisinin güçlü mimari yapısı ve yaygın kullanım etkisi neticesinde başta birçok lider teknoloji üreticisi ve araştırma merkezleri ile üniversiteler, özel sektör işletmeleri ve kamu kuruluşları da bu alandaki çalışmalarını hızlandırmış ve altyapılarını kurmaya başlamıştır.

Birçok farklı sektörlerdeki bu uygulayıcılar tarafından yapılan kapsamlı çalışmalar ve oluşturulan bu altyapılarla birlikte blokszinciri teknolojisiyle ilgili kayda değer uygulama örnekleri, vaka analizleri ve senaryolar üretilmiştir. Çalışmamızın bu kısmında söz konusu sektörlerde oluşturulmuş olan birçok farklı vaka analizleri, senaryolar ve teknolojiye dair planlamalar mevcut literatür kaynaklarından faydalanılarak ele alınmış ve incelenmiştir.

Blokszinciri teknolojisinin ekonomik değeri her geçen gün artmaktadır. Dünya Ekonomi Forumu (World Economic Forum – WEF) raporlarına göre 2013 yılında 1 milyar dolar olan blokszincirin pazardaki ekonomik değerinin 2025 yılında 176 milyar dolar ve 2030 yılında ise 3,1 trilyon doları bulacağı beklenmektedir (Dünya Ekonomi Forumu, 2018).

2.1.1. IBM ve Maersk Ortaklığında Geliştirilen TradeLens Platformu Vaka Analizi İncelemesi

Denizyolu konteyner taşımacılığı süreçlerinin daha etkili kontrol edilebilmesi ve gümrük ile dokümantasyon işlemlerinin dijital ortamlarda sağlanabilmesi için IBM ve Maersk tarafından geliştirilen TradeLens projesinin bu alanda gerçekleştirilmiş olan en büyük proje olduğu söylenilebilir. TradeLens, farklı tarafları bir araya getirerek izlenebilirliği, şeffaflığı ve bilgi paylaşımını sağlamak için tasarlanmış olan güvenilir uluslararası ticaret yapısını destekleyen blokszinciri tabanlı bir sevkiyat

çözümüdür. Bu platformda veriler doğrudan kaynaktan yayınlandığı için sistem içerisindeki ilgili taraflar tedarik zinciri süreçlerini daha güvenilir bir şekilde yönetebilmektedir. Aynı zamanda platformda blokzinciri kullanılarak ithalat ve ihracat izinleri, iş süreçlerinin otomasyonunu, temel işlem verilerinin güvenli ve denetlenebilir olması sağlanır (IBM TradeLens, 2020).

Dünya üzerindeki PSA Singapore, International Container Terminal Services Inc, Modern Terminals, Port of Halifax, Port of Rotterdam, Port of Bilbao, PortBase ve Hold Logistics Terminal gibi operatörlerin kılavuz hizmet süreçlerinde TradeLens kullanılmaya başlamıştır. Bu platformuna daha sonra denizyolu konteyner taşımacılığı yapan MSC, CMA CGM, Hamburg Süd ve Pacific International Lines şirketleri de dahil olmuştur. Hollanda, Suudi Arabistan, Singapur, Avustralya ve Peru gibi ülkelerdeki gümrük yönetimleri de katılım sağlamıştır. Ayrıca Agility, CEVA Logistics, DAMCO, Kotahi, PLH Lojistik. Ancotrans ve WorldWide Alliance gibi taşımacılık ve lojistik firmaları da platforma dahil olmuştur.

TradeLens platformu taşımacılıkta uçtan uca izlenebilirlik, verilere gerçek zamanlı erişim, dijital denetim, daha etkin doküman yönetimi ve süreçlerde şeffaflık gibi birçok çözümler sunar.

TradeLens kullanıcıları gönderi yöneticisi ara yüzü ile verileri kendi sistemlerine entegre ederek gönderileri süreçlerini kolaylıkla izleyebilirler. Gerekli izinlere sahip kullanıcılar platforma yükleme yapabilir, verileri indirebilir ve düzenleme yapabilir. Aynı zamanda bu platform, verileri kaydeden ve duran varlıkları izleyen değişmez bir kayıt defteridir. TradeLens mimarisinde kullanıcılarının kriptografik kimliklerine dayanarak açık kaynaklı ve izinli bir blokzinciri olan Hyperledger Fabric

yapısını temel alan IBM blokszinciri platformu kullanılmaktadır (IBM TradeLens, 2020).

Aynı zamanda konteyner taşımacılığı üzerine yapılan bu proje de IBM ve Maersk işbirliğinde Kenya'daki Mombasa limanından Hollanda'da bulunan Rotterdam limanına gönderilen ananas yüklü tek bir konteyner taşımacılığına ait pilot uygulamada, 30'un üzerinde aktörün ve süreç içerisindeki 100'den fazla kişinin birbirleriyle karşılıklı 200'ün üzerinde etkileşimde bulunduğu gözlenmiştir. Söz konusu bu sevkiyat sürecinde blokszinciri tabanlı iş yapış sisteminin kullanılmasıyla karmaşık yapının daha iyi yönetilmesiyle zaman tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir (Groenfeldt, 2017).

2.1.2. Walmart Vaka Analizi İncelemeleri

Walmart gıda tedarik zincirindeki güvenliği ve kaliteyi arttırmak amacıyla blokszinciri teknolojisini kullanmaya başlamıştır. Bu projede IBM 2017 yılında başlattığı çalışmayla Walmart ile blokszinciri teknolojisini kullanılarak Amerika ve Çin'de üretilen domuz etlerini takip etmek için bir platform üzerinde çalışmaya başlamıştır. Yapılan denemeler neticesinde olumlu sonuçlar alınmıştır. Bununla beraber Walmart'ın Güney Amerika'dan tedarik ettiği mangoların ürün akış seyrini izlemek için söz konusu platform kullanılmıştır. Bu sayede rekabet ve zaman avantajı sağlanırken şeffaflık ve izlenebilirlik açısından önemli bir gelişme sağlanmıştır (Yiannas, 2017).

Bununla birlikte Walmart yeşil yapraklı sebzelerin tedarik zinciri boyunca süreçlerini takip etmek için bir blokszinciri platformunu kullandığını açıklamıştır. Walmart'a yeşil yapraklı sebze tedariki sağlayan 100'ün üzerinde çiftlik bulunmaktadır. Bu sayede, yiyeceklerin tedarik zinciri boyunca tarladan yıkama ve kesme tesislerine ayrıca depolardan satış mağazalarına kadar takip edilebileceği belirtilmektedir. Walmart bu platformu

kullanarak organizasyonel dijitalleşmeyi güçlendirmeyi ve süreç kalitesi artışıyla tüketicilere değer sağlamayı hedeflemektedir. Aynı zamanda Walmart IBM tarafından blokzinciri altyapısıyla geliştirilen IBM Food Trust sistemini kullanarak Meksika’da yetiştirilen dilimlenmiş mangoların tedarik zincirindeki takibini sağlamıştır. Bu platformun kullanılmasıyla şeffaflık, güven, değişmezlik ve bütünlük sağlanarak değer oluşturulması hedeflenmektedir (Corkery ve Popper, 2018).

Aynı zamanda Walmart blokzinciri kullanarak DLT Labs ile birlikte gerçekleştirdiği bir diğer uygulama örneğini lojistik sektörü üzerinde gerçekleştirmiştir. Söz konusu uygulama Kanada’da bulunan ve Walmart ile birlikte çalışan üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcı işletmelerin teslimatlarını izlemek, gerçekleştirilen işlemleri doğrulamak ve birçok perakende mağazasına envanter tedariki sağlayan taşıyıcıların ödemelerini otomatikleştirmek için geliştirilmiştir. Ayrıca yüksek işlem hacimlerinin olduğu lojistik süreçlerde akıllı ulaşım ağlarının kurulması, ödemelerin hızlandırılması ve maliyet avantajı sağlanması gibi belirli hedeflerin de gerçekleştirilmesi istenmektedir (Khatri, 2019).

2.1.3. IBM Gıda Güvenilirliği (Food Trust) Vaka Analizi İncelemeleri

Çalışmanın bu kısmında dünyanın en büyük teknoloji üreticilerinden birisi olan IBM tarafından blokzinciri teknolojisinin kullanılmasıyla geliştirilen ve birçok firmaya uygulanan vaka analizleri incelenmiştir.

Bu kapsamda, Amerika’da faaliyet gösteren en büyük gıda servis şirketlerinden birisi olan Golden State Foods (GSF) IBM Food Trust platformunu kullanmaya başlamıştır. GSF şirketinin bu uygulama çözümünde IoT, bilişsel analitik ve blokzinciri teknolojilerinden entegre bir şekilde faydalanılarak ürünlerin

tedarik zinciri süreçlerinin izlenebilmesi ve envanter görünürlüğü sağlanmıştır (Javaheri, 2019).

Diğer bir vaka analizi Tunus'da faaliyet gösteren ve Güney Akdeniz'in en büyük zeytinyağı üreticilerinden birisi olan CHO şirketi IBM Food Trust ağına katılmıştır. Şirket bu sayede zeytinlerin yetiştirildiği meyve bahçeleriyle ezildiği değirmenleri doğrulamakta ve ayrıca yağların filtrelendiği, şişelendiği ve dağıtıldığı tesisleri daha kolay kontrol edebilmektedir (Wolfson, 2020).

ABD'nin en büyük gıda ve ilaç perakendecilerinden birisi olan Albertsons şirketi de IBM Food Trust ağına katıldığını açıklamıştır. Amerika'da yaklaşık 2.300 mağaza işleten bu şirket, gıdaların çiftlikten mağaza rafına kadar izlenmesini geliştirmek ve müşteri memnuniyetini artırmak için platformu kullanmaya başlamıştır (Wolfson, 2019).

Deniz ürünleri üzerine Amerika'da faaliyet sürdüren Raw Seafoods şirketi ürünlerinin izlenebilirliğini artırmak için IBM Food Trust platformunu kullanmaya başlamıştır. Şirket bu sayede küresel kaynak ortaklarını perakendecileri ve restoranları birbirine bağlayan yeni bir işbirliği mekanizmasını kurmayı hedeflemektedir (IBM, 2019).

Fransız perakendeci devi Carrefour SA şirketi, çiftliklerden mağazalara gerçekleştirilen et, süt ve meyve sevkiyatlarını izlemek için IBM tarafından geliştirilen blokzinciri tabanlı bir platformu kullanmaya başlamış ve bu sayede satışlarının arttığını gözlemlemiştir. Şirket yaşanan bu olumlu gelişmeler neticesinde müşteri sadakatini ve güvenini artırmak için blokzinciri teknolojisini uygulanmasını daha fazla ürüne genişleteceğini belirtmiştir (Thomasson, 2019).

IBM'in blokzinciri platformunun kullanıldığı bir diğer vaka analizi ise petrol ve gaz tedarik zincirine taşımacılık

hizmeti sağlayan Vertrax şirketi tarafından uygulanmıştır. Vertrax Blockchain platformu, petrol ve gaz tedarik zincirindeki en büyük zorluk olan görünürlük durumunu çözmek için tasarlanmış ilk piyasa teknolojisidir. Hyperledger altyapısının kullanıldığı bu platformun toplam varlık görünürlüğünü sağlayacağı ve tedarik zinciri maliyetlerini önemli ölçüde azaltacağı beklenmektedir (Vertrax Blockchain, 2019).

2.1.4. Diğer Vaka Analizi İncelemeleri

Dünya üzerindeki birçok devlet tapu kayıtlarının tutulmasında blokzinciri teknolojisinin kullanılmasına yönelik test çalışmalarını başlatmıştır. Ayrıca Avustralya, ABD, Danimarka, Estonya, Ukrayna ve Güney Kore gibi ülkeler oy sistemlerinde yaşanan karmaşıklığı önlemek ve süreçleri iyileştirmek için blokzinciri teknolojisinin kullanılmasına yönelik çalışmalar başlatmışlardır (Killmeyer ve diğerleri, 2017: 7).

Avrupa Birliği (AB), blokzinciri teknolojisiyle ilgili raporlama ve uygulamaya yönelik çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Avrupa Komisyonu İş İnovasyon Gözlem Merkezi tarafından hazırlanan raporda blokzinciri uygulamalarıyla ilgili çalışmalar yapan bazı işletmelere dönük bir vaka çalışması hazırlamıştır. Söz konusu çalışmada blokzincirine yönelik eğilimler, sektörü yönlendiren unsurlarla karşılaşılan zorluklar incelenmiştir. Bu inceleme neticesinde iş birliğinin artırılması, destek mekanizmalarının kurulması, gerekli regülasyonların belirlenmesi ve teknolojiyle ilgili farkındalığın sağlanması gibi blokzinciri üzerine politika tavsiyeleri açıklanmıştır (Probst ve diğerleri, 2016).

Avrupa'da bulunan en büyük 7 banka, Linux vakfı tarafından tasarlanmış açık kaynak kodlu olan IBM Hyperledger Fabric blokzinciri tabanlı yeni bir ticaret finansmanı konsorsiyumu kurarak KOBİ'lerin yurtiçi ve uluslararası hizmet

ticareti ödemelerinin yönetilmesi amaçlanmaktadır (Groenfeldt, 2017). Blokszincirin kullanılmasıyla herhangi bir üçüncü tarafa gerek kalmadan taraflar arası enerji ve doğalgaz ticaretine izin veren Enerchain projesiyle gerçek zamanlı enerji ticareti işlemleri yapılabilir hale gelmiştir. Bu proje Avrupa’da blokszinciri ve enerji alanında en güçlü faaliyetlerden birisi olarak görülmektedir (Merz, 2018).

Blokszinciri teknolojisi üzerine birçok farklı sektör tarafından tedarik zinciri süreçlerinde güven ve şeffaflığın sağlanması adına kullanılabilmesi için çalışmalar başlatılmıştır. Bu tür çalışmalara örnek olarak uzmanlık kanıtı (proof of expertise) protokolüyle iş ilişkileri ekosistemi oluşturan Oppority platformu gerçekleştirilmiş işlemlere ait verileri elde ederek kullanıcılara dijital kimlikler oluşturarak işletmeler arasında gerçekleşen işlemleri güvence altına alarak süreçleri hızlandırmaktadır. Dünyada en büyük elmas madenciliği yapan işletmelerinden birisi olan De Beers Group tarafından tasarlanan Tracr dijital platformu blokszinciri, yapay zeka ve nesnelerin interneti gibi teknolojileri kullanarak mücevher endüstrisindeki tedarik zinciri süreçlerinin daha şeffaf, güvenli ve izlenebilir, olmasını sağlamaktadır.

Bunların dışında ürünlerin izlenebilirliğinin sağlanmasında blokszinciri tabanlı oluşturulmuş olan uygulamalar da mevcuttur. Bir maden işletmesi olan BHP Billiton dünya üzerindeki jeolojik numunelerin kaynağını izleyebilmek adına blokszinciri tabanlı bir uygulama geliştirmiştir. Bu uygulama sayesinde işletme, numunelerin orijinal örneklem konumlarını ve maden işleme verilerini dijital ortamda kayıt altına alabilmektedir. Diğer bir uygulama örneği ise Avustralyalı bir tahıl üreticisi olan CBH Grup şirketi tarafından uygulanmıştır. CBH Grup şirketi, yetiştirdiği ve ihraç ettiği yulaf tanelerinin kökeninin faaliyet alanı olan Avustralya olduğunu doğrulamak

adına blokzinciri teknolojisini kullanarak rakiplerine karşı rekabet avantajı elde etmeyi hedeflemektedir (Petersen ve diğerleri, 2018).

Diğer taraftan, blokzinciri teknolojisinin akıllı liman yönetimi süreçlerinde uygulanmasına dair çalışmalar yapan Portbase şirketinden bahsedilebilir. Şirketin kendi iş süreçlerinde ithalat işlemleri incelenmiş ve liman operasyonlarının yürütülmesinde birçok sorunların bulunduğu tespit edilmiştir. Bu yüzden yeni bir teknoloji olarak blokzincirin konteynırların limana kabul edilmesinden, gümrük işlemleriyle limandaki diğer işlemlerin koordinasyonuna kadar bütün süreçlerde kullanılmasıyla daha hızlı ve verimli bir işleyiş sağlanması hedeflenmektedir. (Francisconi, 2017).

Blokzinciri teknolojisinin dünya çapında kullanım denemeleri ve çalışmalarına dair başka örnekler göstermek gerekirse, Amerika'nın Delaware eyaletinde işletmelerin kuruluş aşamalarında blokzinciri tabanlı sistemler kullanılmaya başlanmıştır. İsveç'te bankaların, tapu kayıt müdürlüklerinin ve alım satım işlemi yapan tarafların gerçek zamanlı yapılan işlemleri izleyip doğrulayabileceği blokzincirin kullanıldığı bir tapu kayıt uygulaması geliştirilmektedir. Estonya'da siber güvenlik ve elektronik oy süreçlerinde blokzinciri uygulamaları kullanılmaktadır (Wieck, 2017).

Birleşmiş Milletler (BM) bünyesindeki Dünya Gıda Programı tarafından Ürdün'de bulunan Suriyeli mültecilere yerel marketlerde kullanabilmeleri için harcama belgeleri verilerek blokzincirin de kullanılmasıyla mültecilerin biyometrik bilgileri kaydedilmiş ve marketlerde bulunan retina tarayıcılarıyla ödeme belgelerinin kullanılması sağlanmıştır. Bu sayede Dünya Gıda Programı ödemelerde alınan komisyonlar konusunda tasarruf sağlamıştır (Hempel, 2018).

Güney Kore’de bulunan Gümrük Servisi gümrük kaçakçılığıyla yolsuzluğu önlemek ve gümrük işlemlerinde gerçek zamanlı bilgi paylaşımını, iletişimi ve izlenebilirliği artırmak için Korea Center isimli lojistik firmasıyla birlikte blokszinciri teknolojisi tabanlı bir platform üzerinde uygulama çalışmalarına başlamıştır (Graham, 2018).

Japonya’da gayrimenkul alanında faaliyet gösteren teknoloji firması Zweispac Japan tapu kayıtlarının birleştirilmesi ve dijital ortamda güvenli bir şekilde kontrolünün sağlanması için blokszinciri uygulaması geliştirerek bunu uygulamaya başlamıştır (Southurst, 2018).

Uygulama örneklerine ve vaka analizlerine Türkiye’den bir örnek vermek gerekirse Akbank, blokszinciri yurtdışı para transferlerinde kullanmak için Ripple dijital ödeme platformuyla anlaşma sağlamıştır. Bu kapsamda banka yurtdışı para transferlerini hızlandırıp maliyetleri düşürmek için Almanya’daki kendi iştiraki olan Akbank AG şirketi üzerinden kurumsal ödemeler kısmında uygulamayı kullanmaya başlamıştır.

Blokszinciri teknolojisinin kullanıldığı diğer bir uygulama ise hacim olarak Avrupa’nın en büyük limanı olan Rotterdam Limanı’nda yapılmıştır. Herhangi bir konteyner sevkiyatının gerçekleştirilebilmesi için yaklaşık 30 farklı belge hazırlanması gereken bu limanda uluslararası tedarik zinciri süreçlerindeki fiziksel, yönetsel ve finansal akışların dijital platformlarda yürütülerek entegrasyonun sağlanması amacıyla blokszinciri projeleri yürütülmektedir (Angell, 2018).

Blokszinciri tabanlı bir diğer vaka analizi de Singapur’un dünyanın önde gelen tedarik zinciri, ticaret ve finansman merkezi olma yolundaki çalışmalarını güçlendirecek ulusal bir ticaret bilgi yönetimi sistemi olan Networked Trade

Platformudur. Bu platform firmaları, organizasyon ve devlete ait sistemleri entegre bir çalışma prensibiyle birleştirerek dijital bir ticaret ve lojistik ekosistemi oluşturmayı hedeflemektedir. Mevcut sistemlerin yerine kullanılabilecek olan bu platform dokümantasyon süreçlerini dijitalleştirerek üretkenliği arttırmayı, doğru veri analizi sağlamayı ve diğer paydaşlar için çözümler sunmayı hedeflemektedir. Ekosistem içerisindeki birçok farklı katılımcıya ticari değer zinciri sağlanarak tek bir platform üzerinden uçtan uca dijital ticaretin yürütülmesi mümkün kılınacaktır.

Blokszinciri teknolojisinin tarımda uygulanmasına yönelik gerçekleştirilen çalışmalardan özellikle Güney Afrika'da üzümler üzerinde uygulanan vaka analizi dikkat çekmektedir. Üzümlerin üretilmesinden sonra sertifika süreçleri kapsamında ürün kutularına barkod numarası verilip blokszinciri ağına verilerin girilmesiyle kullanıcılara ürünle ilgili gerçek zamanlı izlenebilirlik sağlanmıştır. Söz konusu bu sistemde Hyperledger Fabric aracılığıyla akıllı sözleşmeler kullanılarak kullanıcıların sisteme kabulleri gerçekleştirilmiştir (Ge ve diğerleri, 2017).

Diğer bir vaka analizi 2017 yılında Singapur'da kurulmuş olan blokszinciri uygulama platformu Vechain tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu platform lüks ürünlerden, otomotiv sektörüne, lojistik sektöründen, tarım sektörüne gibi birçok alanda blokszinciri teknolojisini kullanarak paydaşlarına çözümler sunarak süreç iyileştirmesi sağlamaktadır. Ayrıca platformda likör takip sistemi kurularak likörlerin barkod ve akıllı sözleşmelerle izlenebilirliği sağlanmıştır. Buna ek olarak, Vechain platformu yeşil organik tarım projesini tanıtarak tarım üretimiyle ilgili verilerle üreticilerin gerekli sertifika süreçlerinin blokszinciri teknolojisiyle yönetilmesine dair proje tasarlamıştır (Nandhakumar, 2017).

Türkiye’de faaliyet gösteren ATEZ Yazılım Teknolojileri ile yerli sermayeyle İngiltere’de kurulan Chain & Chain Technologies şirketleri tarafından tasarlanan Blokszincir Ticaret Platformu ilgili birçok kullanıcının dahil olmasıyla birlikte ihracat, ithalat, serbest bölge, yatırım teşvik, transit, nihai kullanım, geçici ithalat ve royalti lisanslama gibi birçok işlemlerin yönetilmesine imkân sağlayan tarafsız bir sistem olma amacıyla geliştirilmiş bir projedir. Bu platform sayesinde sınır ötesi ticarete yaşanan sorunlara çözümler sunabilme ve zincir içerisindeki bütün kullanıcıların daha etkin bir şekilde faaliyetlerini sürdürebilmeleri hedeflenmektedir (BCTR Üretim ve Lojistik Raporu, 2019).

Blokszinciri teknolojisinin havayolu kargo taşımacılığında kullanılmasına yönelik yapılan çalışmada Malezya’da faaliyet gösteren AirAsia havayolu şirketi hava kargolarının izlenebilirliği ve takibi için Freightchain isimli blokszinciri tabanlı bir platform geliştirmiştir. Söz konusu bu platformun kullanılmasıyla AirAsia şirketi göndericilerin kargo ağlarının bağlantı noktalarını doğrulayabilmelerine ihale yöntemiyle kargo rezervasyonlarının yapılmasına imkân sağlanması hedeflenmektedir (Dotson, 2020).

Birleşmiş Milletler bünyesindeki Ticaretin Kolaylaştırılması ve Elektronik İş Süreçleri Merkezi tarafından ticaret akımı senaryosu kapsamında gümrük işlemlerinde blokszinciri teknolojisinin kullanılmasına dair bir ticaret platformu oluşturulmuştur. Oluşturulan bu vaka çalışmasında ithalatçı ve ihracatçıların gümrük işlemlerinin kolaylaştırılması kapsamında Hyperledger Fabric platformunu kullanılarak akıllı sözleşme tasarlanmıştır. Söz konusu bu akıllı sözleşme içerisinde gerçekleştirilecek ticaret sürecinde bulunan taraflar bu ağ içerisine dahil edilerek entegre bir ticaret platformu tasarlanmıştır. Zincir içerisindeki bütün katılımcılar ürünlerin

sevkiyat bilgilerini, sevkiyat sürecindeki gerekli sıcaklık değerlerini, hazırlanan gümrük belgelerini, ödeme emirlerini ve ürün kabulündeki kontrolleri gibi birçok işlemi kolaylıkla bu platform vasıtasıyla gerçekleştirebileceklerdir (UN CEFACT, 2018).

Blokszinciri teknolojisinin diğer bir uygulama alanı sınır geçişlerindeki yolcu işlemlerinin yönetilmesi süreçleridir. Bahsedilen bu alanla ilgili yapılan bir vaka çalışmasında akıllı sınır işlemleri için Hyperledger platformundaki blokszinciri ağının kullanılmasıyla yolcuların biyometrik kartlarına ülkeye giriş ve çıkış bilgilerinin kaydedildiği, yolcu mahremiyetiyle ilgili endişelerin çözüldüğü ve sınırlardaki girişle çıkış süreçlerinin iyileştirilmesini sağlayan bir model geliştirilmiştir (Patel ve diğerleri, 2018).

Blokszinciri teknolojisinin sağlık sektöründeki mevcut sistemlerin entegre bir şekilde çalışma süreçlerindeki sorunlarının çözümü ve tedarik zinciri akışının yönetilmesi konusunda güçlü bir potansiyele sahip olduğu söylenebilir (Mettler, 2016). Vaka çalışması kapsamında geliştirilen bir uygulamayla mobil cihazlar aracılığıyla hasta mahremiyetini koruyarak verilerin doktorlar, hastalar ve diğer ilgili kullanıcılar da dahil olmak üzere kimse tarafından değiştirilmesine imkân vermeden blokszinciri ağında depolanıp analiz edilmesi sağlanmıştır (Yue ve diğerleri, 2016).

Sağlık alanındaki diğer bir uygulama örneği Uganda devletinin sahte ilaçları takip etmek için BlockCon tarafından geliştirilen MediConnect projesiyle ortaklık sağlamasıdır. Söz konusu bu projeye reçeteli ilaç kayıtlarının tutulması, sahte ilaçların tespiti, ilaç üretilirken kullanılan bileşenlerin test süreçlerinde farmasötik açıdan incelenmesi ve sağlık tedarik zinciri akışlarında yaşanan dalgalanmaların engellenmesi gibi süreçlerde çözümler sunulması planlanmaktadır (Güçlü, 2019).

Blokzinciri teknolojisiyle ilgili eğitim alanındaki yapılmış çalışmalara örnek olarak EduCTX uygulaması gösterilebilir. Söz konusu bu uygulamayla üniversite öğrencilerinin geçtikleri ders kredileri blokzinciri ağındaki bütün kurumlar tarafından depolanarak öğrencilerin başka üniversitelerde geçtikleri ders kredilerinin de blokzinciri ağında görülebilmesi sağlanmıştır. Aynı zamanda ağdaki ilgili kullanıcılar başvuru, ders kayıt ve belge doğrulama gibi işlemleri blokzinciri ağı üzerinden kontrol edebilmektedir (Turkanovic, 2018).

Dünyanın en güçlü otomotiv sektörü üreticilerinden olan Volvo, ürettikleri araçlarda kullanılan maddelerin etik kaynaklı olduklarını doğrulamak amacıyla tedarik zinciri süreçlerini takip edebilmek adına blokzinciri tabanlı bir projeyi test ederek geri dönüşümlü kobalt maddesi kullanılan araçları üretmeyi başarmıştır. Bu sayede Volvo uyguladıkları dağıtık defter teknolojisinin tedarik zincirleri süreçlerinde izlenebilirliği ve şeffaflığı artırdığını gözlemlemiştir. Aynı zamanda Oracle ve İngiltere merkezli blokzinciri girişimi olan Circulo ile iş birliği yapan şirket tedarik zinciri izleme sisteminin en kısa sürede şirket geneline yayılmasını hedeflemektedir (BCTR, 2019).

Diğer bir vaka çalışmasında küresel gıda üreticisi Nestle tedarik zinciri süreçlerinde ürün takibini sağlamak için blokzinciri teknolojisinden faydalanacağını açıklamıştır. WWF-Avustralya ve BCG Digital Ventures şirketleri tarafından geliştirilen OpenSC blokzinciri platformu sayesinde Nestle ürünlerinin tedarik zinciri boyunca şeffaflığını ve izlenebilirliğini sağlayacaktır. Bu platformun kullanılmasıyla birlikte tüketiciler doğrulanabilir tedarik zinciri bilgilerine kolaylıkla ulaşabileceklerdir. İlk pilot uygulama Yeni Zelanda'da bulunan üreticilerden gelen sütleri Orta Doğu'daki depolara ulaştırılmasında izleme imkânı sunacaktır (BCTR, 2019).

İngiltere’de faaliyet gösteren ünlü elmas üreticisi Everledger firması ürünlerinin kökenini öğrenmede, kesiminde, kalitesinde ve çalınma gibi durumlar için blokzinciri tabanlı bir platform kullanmaktadır (Volpicelli, 2017). Ayrıca yine İngiltere’de faaliyet gösteren startup firması Provenance gıda ve içecek endüstrisindeki perakendeciler ve üreticilerin ürünlerinin izlenebilirliği için blokzinciri ve nesnelerin interneti teknolojilerini kullanmaktadır.

Bir diğer uygulama örneğinde ise İsviçre merkezli bir lojistik şirketi olan Modum kendi kendini düzenleyen ve kontrol eden bir yapı içerisinde lojistik akışı kontrol etmek için blokzinciri teknolojisini kullanmıştır. Blokzinciri ağına yüklenen girdilerin geçerliliğini sağlamak için nesnelerin interneti teknolojisinden yararlanılmıştır. Sensörler sayesinde taşımanın hangi aşamada olduğu hakkında bilgi sağlanmıştır (Johansson ve Nilsson, 2018: 49).

2.2. Blokzinciri Mimarisi İle İlgili Ele Alınan Çalışmalar

Blokzinciri teknolojisi yapısal anlamda özünde yazılımsal bir mimariyi barındırmaktadır. Ağdaki kullanıcıların gerçekleştirdikleri tüm doğrulanmış işlemler, sıralanmış ve zaman damgalı bir şekilde bloklara kaydedilir ve bir blok dolduğunda bir sonraki blok üretilmektedir. Blokzinciri teknolojisi güvenilir bir şekilde veri paylaşımını gerçekleştiren, kriptografik ve dağıtık mutabakat sistemi tarafından desteklenen, şeffaf ve değişmezliğe sahip bir işlem defteri sistemidir (Lemieux, 2016: 111).

Blokzinciri teknolojinin birçok alana sunduğu çözümler ve sahip olduğu çeşitli özellikler dikkate alındığında teknolojinin iki temel grup altında değerlendirildiği görülmektedir. Bu iki grup izinsiz ve izinli blokzinciri türleridir. Ayrıca izinli blokzinciri türü açık izinli ve gizli izinli olmak

üzere iki gruba ayrılmaktadır. Çalışmanın bu kısmında blokszinciri teknolojisinin temel türleri özetlenmiştir.

***İzinsiz Blokszinciri:** Herhangi bir düğümün blokszinciri ağına dilediği zaman okuyucu veya yazar olarak dahil olabildiği ve istediği zaman ağdan ayrılabilirdiği blokszinciri türüdür. Ağ içerisinde herhangi bir durum değişikliği doğrulayıcılar vasıtasıyla teyit edilir. Bu yapıda ağdaki üyelikleri kontrol eden, izinsiz okuyuculara ve yazarlara yasak getirebilen merkezi bir otorite bulunmaz. Herhangi bir merkezi otoritenin bulunmaması yazılı içeriklerin veya işlemlerin ağdaki herhangi bir düğüm tarafından görülebileceği anlamına gelmektedir. Bu tür izinsiz blokszinciri yapılarında üretilen uygulamalar herhangi bir doğrulamaya ya da güvene gerek kalmadan ağ yapısına dahil edilebilir. İzinsiz blokszinciri türlerine örnek olarak herhangi bir katılım sınırlaması olmayan ve tamamen dağıtık mimarideki Bitcoin ve Ethereum açık sistem yapıları gösterilebilir (Wüst ve Gervais, 2017).

Ayrıca izinsiz blokszinciri uygulamalarında yetkilendirme süreci bulunmaz ve düğümlerin zincirdeki verilere erişebilme ve kaydedebilme işlemleri sınırlandırılmaz. Zincir içerisinde her bir düğüm blokszincirine eklenecek bir sonraki bloğun nasıl oluşturulacağına karar vermesi hususunda mutabakat sürecine dahil olma hakkına sahiptir. Bu yapılarda güven matematiksel mutabakat algoritmalarıyla yerine getirilir. Ayrıca izinsiz blokszinciri yapılarında düğümler arasında güven açısından herhangi bir fark bulunmadığından dolayı kripto ekonomik süreçlerde uygulanan iş ispatı fikir birliği protokolleri kullanılır.

***İzinli Blokszinciri:** Bu tür blokszinciri yapılarında blok kullanıcılarının yazma ve okuma işlemlerine dahil olabilmelerini sağlayan merkezi bir otorite mekanizması bulunur. Ağ içerisinde gizlilik ve kapsülleme özelliklerini gerçekleştirebilmek için

okuyucu ve yazar birbirleriyle ilişkili olan diğer blokzinciri yapılarında işlem gerçekleştirebilir. Ayrıca ağ içerisine dahil olma hakkı bulunan kullanıcıları kontrol etmek için bir erişim kontrol katmanı kullanılır. İzinli bir blokzinciri yapısı benzerliklerini merkezi bir veritabanı ile paylaşabilir ve bu durum da bir blokzincirinin merkezi bir veritabanından daha uygun olup olmadığı sorusunu doğurur. Bunların dışında izinli blokzinciri yapılarındaki işlemlerin doğrulanması esnasında her düğüme güvenilemeyebilir. Sınırlı sayıda okuyucuyla yazarın yetkilendirildiği ve işlem yapabildiği izinli blokzinciri yapıları önerilen en güncel blokzinciri türüdür. İzinli blokzinciri türlerine örnek olarak Hyperledger Fabric ve R3 Corda yapıları gösterilebilir (Wüst ve Gervais, 2017).

Bitcoin ile birlikte varlığından söz edilmeye başlanılan blokzinciri teknolojisi, süreç içerisinde geliştirilen ve üzerine ilave edilen birçok yeni özellik ve yeteneklerle farklı ekosistemler için de belirli ilerlemeler kaydetmektedir (Caseau ve Soudoplatoff, 2016).

Blokzinciri teknolojisinin kavram kanıtlama evresini tamamlamasının ardından bu teknoloji üzerine uygulamalar ve projeler geliştirmek adına faydalanılabilecek farklı birçok blokzinciri platformu ortaya çıkmıştır. Söz konusu bu platformlar açık kaynaklı olup olmamaları, fiyatlandırma mekanizmaları, destekledikleri program dilleri ve açık, hibrid ya da özel blokzinciri yapılarına göre farklılık göstermektedir. Ethereum ve Hyperledger gibi platformlar bu alanda en yaygın olarak kullanılan alternatif sistemlerdir. Bunlara ek olarak Ripple, Corda ve Tendermint gibi farklı blokzinciri platformları da mevcuttur (Usta ve Doğanekin, 2017). Ayrıca kısa süre önce Microsoft Azure üzerinde blokzinciri platformu bir servis olarak (blockchain as a service) kullanılmaya başlanmıştır. Genel anlamda ilk olarak IBM ve ayrıca Microsoft, blokzinciri

teknolojisine önemli oranda yatırım yapan ve geliştirme faaliyetlerini yürüten teknoloji şirketleridir.

Özellikle tedarik zinciri, dış ticaret, gümrük, noter, sigorta ve taşımacılık gibi alanlarda görülen akıllı sözleşme kavramının blokzinciri teknolojisiyle kullanılmasına dair bazı uygulama örnekleri geliştirilmiştir. Akıllı sözleşme kavramı daha çok Ethereum ve Hyperledger blokzinciri ağı üzerinde karşımıza çıkmakla birlikte, Bitcoin blokzinciri ağı da ödeme işlemlerinde *multisign* (birden çok tarafla doğrulama) ve *check timelock* (bir süre sonra ödemenin gerçekleştirilmesi) gibi özellikleriyle genel olarak akıllı sözleşme desteği de sağlamaktadır.

Söz konusu bu açıklamalar ve bilgiler neticesinde çalışmanın bu kısmında blokzinciri teknolojisinin geliştirilmesi ve mimari açıdan tasarlanması için kullanılan platformlar genel anlamda ayrıca incelenmiştir.

2.2.1. Bitcoin

Uçtan uca para transferi gerçekleştirmek için kullanılır. Bu platformda dijital cüzdanlar yani Bitcoin adresleriyle kripto para birimi olan Bitcoin (BTC) işlem görmektedir. Dijital cüzdan açılması gayet kolay bir süreçtir ve birçok farklı cüzdan kullanılarak işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Bu cüzdanlarda bir gizli ve bir de açık anahtar bulunur. Açık anahtar işlem gerçekleştirilebilmesi için gerekli kişilerle paylaşılır. Bitcoin işlemleri anonim olarak, değiştirilemez ve ortak bir mekanizmada izlendiğinden dolayı hesaplarda ne kadar BTC miktarı olduğu tespit edilebilir. Dolayısıyla mükerrer işlemler veya yeteri miktarda bakiye olmaması durumlarında eşler arası para transferi gerçekleştirilemez.

Diğer taraftan, blokzinciri ağında yeni bir blok oluşturulduğunda teşvik edici bir ödül olarak taraflara belirli miktarda BTC verilir (Usta ve Doğantekin, 2017).

Bitcoin yapısında kripto para kavramı bir dijital imza zinciri şeklinde tanımlanır. Kripto paranın kullanıcılar arasında el değiştirmesi sırasında her kullanıcı parayı bir başka kullanıcıya gönderirken kendi dijital imzasıyla bir önceki işlemin özetini yani hash fonksiyonunu ve bir sonraki kullanıcının açık anahtarını imzalayarak bu imzanın paranın sonuna eklenilmesini sağlar. Bu durumda ödeme gerçekleştirilen kullanıcı paranın sahiplik zincirini teyit etmek adına dijital imzaları doğrulayabilir (Nakamoto, 2008).

2.2.2. Ethereum

BTC blokzinciri platformunun kripto para oluşturma ve transferi için geliştirilmiş olması diğer alanlarda kullanımını sınırlandırmaktadır. Ayrıca bu platform içerisinde farklı protokollerin ve uygulamaların çalışmasına imkân yoktur. Ancak 2014 yılında, araştırmacı ve kod yazarı olan Vitalik Buterin ile ekibi tarafından merkezi olmayan yapıların uygulanmasına imkân veren Ethereum blokzinciri platformuyla birlikte Bitcoin ekosisteminde bulunan söz konusu kısıtlamalar ortadan kalkmıştır.

Ethereum blokzinciri platformu tarafından geliştirilen ve güçlü bir mekanizmaya sahip olan bu ağ yapısının yalnızca kripto para transferi için kullanımının yeterli olmayacağı ve bununla birlikte akıllı sözleşmelerde de kullanılmasının değerli olacağı önerilmiştir (Tapscott ve diğerleri, 2018).

Ethereum, akıllı sözleşmelerde kullanılmasıyla dağıtık uygulamaları başlatan önemli bir çalışma olmasıyla birlikte açık ve özel blokzinciri ağları kurulabilmesine imkân sağlamaktadır. Bitcoin blokzincirinden farkı ise mevcut yapısı içerisinde birçok farklı amaçlara hizmet edebilme kabiliyetine sahip dağıtık uygulamalar sağlayabilme potansiyeline sahip olmasıdır. Ethereum yapısı içerisinde özel programlama dilleriyle yazılmış uygulamaların çalışmasına fırsat sunulmuştur. Ethereum

içerisindeki dağıtık uygulamalar Solidity, Viper, Serpent ve Python dilleriyle yazılmış akıllı sözleşmeler kullanılarak Ethereum Sanal Makinesi (Ethereum Virtual Machine) ile bağlantı kurarak ilgili işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlar. Bu kapsamda, teorik anlamda bilinen birçok proje Ethereum'da bir program şeklinde yazılabilmektedir. Ayrıca Ethereum'da program yazılması Ether isimli platforma ait kripto para birimiyle sağlanmaktadır (Usta ve Doğantekin, 2017). Ethereum'daki hukuki sözleşmelerin dijital versiyonu olarak bilinen akıllı sözleşmeler, blokzinciri teknolojisinin daha yaygın bir şekilde geliştirilebilmesini kolaylaştırmıştır. Bu sayede akıllı sözleşmeler ürün ve hizmetleri dijital varlıklara dönüştürmek için yeni zincirler kurulması durumunu sonlandırmıştır.

Ethereum blokzinciri mimarisi, yalnızca dijital varlıklara ait transfer işlemlerinin kayıtlarını kaydetmekle sınırlandırılmayıp çalışabilen programların herhangi bir merkeze bağlı olmayan sistemler üzerinde varlığını devam ettirmesi ihtiyacından dolayı geliştirilmiştir (Thornburg, 2018).

Ethereum geliştirilmiş teknolojiyi inşa etmeye çalışan bir proje olarak tanımlanabilir. Kod ve yazılım geliştiricilere şu ana kadar kullanılmamış bir hesaplama paradigmasıyla yazılım oluşturmak için iyi şekilde uyarlanmış uçtan uca ikinci nesil bir blokzinciri sistemi sunmaktadır (Wood, 2014:1).

Vitalik Buterin Ethereum platformunun, akıllı sözleşme programlarını çalıştırabilen, herhangi bir merkeze bağlı olmayan sanal bir makine olduğunu belirtmektedir. Bütün akıllı sözleşmeler verilerin kaydedilebileceği kalıcı bir depoya ve kullanıcılarla diğer akıllı sözleşmeler tarafından çalıştırılabilen bir takım fonksiyonlara sahiptir. Sistem içerisindeki akıllı sözleşme kullanıcıları ETH'ye sahip olabilir ve diğer akıllı sözleşme kullanıcılarına ETH gönderebilir. ETH'ye sahip

kullanıcılar tarafından gerçekleştirilen transferler dışsal işlemler, akıllı sözleşmeler tarafından gerçekleştirilen transferler ise içsel işlemler olarak bilinir. Söz konusu bu transferlerin doğruluğu için güvenilir bir merkeze gerek kalmadan madencilerin oluşturduğu büyük bir ağ yapısı kullanılır (Bartoletti ve diğerleri, 2017).

Günümüz koşullarında faaliyet gösteren büyük ekosistemler içerisinde çalışabilecek özelleştirilmiş uygulamalara ihtiyaç vardır. Teknoloji geliştiriciler, kuruluşlar, işletmeler ve devletler söz konusu bu ekosistemler içerisinde veri güvenliğini sağlayarak dağıtık sistemde uygulamalar tasarlamaya ve veri alışverişini bütün katılımcılar için ulaşılabilir ancak değiştirilemez şekilde tutarak Ethereum ekosistemine devretmeye başlamıştır (Dumlao, 2018).

Kavramsal açıdan bakıldığında Ethereum basit bir uygulama olmasıyla birlikte birçok ayrı noktalara dağıtılmış sanal bir bilgisayar ağı şeklinde algılanabilir ve aynı zamanda sistemin tamamı bu ağın genel mimarisini oluşturur. Bu kapsamlı bilgisayar ağının sistemi, dijital olarak imzalanmış işlemlerin bu noktaların her birine dağıtılıp çalıştırılmasıyla değişmektedir. Ancak bu tasarım ağında kayıt sistemine dahil edilecek olan işlem miktarı makinelerin tekil kapasitesiyle çalışmasından dolayı bazı durumlarda ölçeklenme açısından performans sorunları oluşturabilir. Bununla birlikte, Ethereum en geniş geliştirici topluluğuna sahip olan platformdur. Ayrıca Ethereum akıllı sözleşmeler ve uygulamalarda işlevselliği bazı adreslerle sınırlandırmak için yapılandırılabilirler. Platform temeli itibarıyla izin gerektirmeyen bir yapı içerisinde bulunsa da, akıllı sözleşmeler ve uygulamaların işletilebilmesi için belirli izin yapıları geliştirilebilir (BCTR Üretim ve Lojistik Raporu, 2019).

Yapılan bir çalışmada, IoT cihazlarının kontrolü için Ethereum blokszinciri platformunun kullanılması önerilmiştir. Ethereum akıllı sözleşmeler kullanılarak IoT cihazlarının davranışlarını tespit eden kodlar yazılmıştır. Kimlik doğrulanması amacıyla kullanılan açık anahtarlı altyapı sistemiyle dış müdahalelerin platformdaki yönetim sistemini ele geçirmesinin önüne geçilmek istenilmektedir. Açık anahtarlar Ethereum sisteminde gizli anahtarlar ise uç noktalarda bulunan IoT cihazlarında saklanmaktadır (Huh ve diğerleri, 2017).

Ethereum platformu, gelişim süreci içerisinde Serenity sürümünün devreye girmesiyle birlikte mutabakat sürecinde Proof of Work yapısından Proof of Stake yapısına doğru bir geçiş süreci yaşayacaktır. Bununla birlikte Microsoft, Intel ve J.P. Morgan gibi şirketler tarafından oluşturulan “Enterprise Ethereum Alliance” yapısıyla birlikte Ethereum platformu, özel blokszinciri yapılarının geliştirilmesi için büyük bir kabiliyete sahiptir. Örnek olarak vermek gerekirse, J.P. Morgan şirketi kurumsal merkezli Ethereum yapısı şeklinde tanımladığı Quorum ve geliştirme platformu olan Cakeshop projelerini açık kaynak kodlu şeklinde yayınlamıştır. Ayrıca Ethereum, Microsoft şirketinin bulut çözümü olan Azure üzerinde “Blockchain as a Service – BaaS” çalışmasıyla bir servis olarak da sunulmaktadır (Usta ve Doğanekin, 2018). Ethereum platformu kullanılarak geliştirilen ve geliştirilmeye devam eden birçok farklı proje ve uygulamalarla birlikte uygulama yaygınlığının artacağı düşünülmektedir.

Blokszinciri yapısında çalışan bir akıllı sözleşmeyi, birtakım kriterler sağlandığı zaman otomatik olarak çalışan bir bilgisayar programı şeklinde tanımlayabiliriz. Bütün blokszinciri platformları kod işleme potansiyeline sahiptir ancak bu platformların çoğuna kod işleme açısından büyük sınırlandırmalar getirilmiştir. Bu kapsamda, Ethereum elinde

bulundurduğu kod işleme potansiyeliyle birçok farklı projenin ve uygulamanın tasarlanmasına imkân sağlamaktadır. Bununla birlikte bu süreçlerin nasıl işletildiğini açıklamak gerekirse, akıllı sözleşmeler öncelikle derlenip bayt kodlara dönüştürülür ve bu bayt kodlar Ethereum sanal makinesine yüklenerek işlem başlatılmış olur.

2.2.3. Hyperledger

2015 yılında Linux Vakfı tarafından yürütülen Hyperledger genel olarak özel blokzinciri ağlarının geliştirilmesi için kurulan bir açık kaynak platformdur. Hyperledger platformu içerisinde üyelik, blokzinciri ve zincir kodu servisleri olmak üzere üç farklı hizmet çeşidi bulunmaktadır. (Usta ve Doğantekin, 2017). Ayrıca platformda farklı kripto para altyapıları için de çeşitli uygulama programlama arayüzleri (API) çözüm olarak sunulmaktadır. Hyperledger platformu, tek tip blokzinciri yapıları geliştirmek yerine mevcut yapısı içerisinde farklı alt projelere katkı sağlamaktadır.

Hyperledger platformunun mimarisi servis ve bu servisleri dış dünyanın kullanımına sunmakta faydalanan API katmanlarından oluşmaktadır. Hyperledger servis katmanı içerisinde kimlik, hizmet politikası, blokzinciri ve akıllı sözleşme servisleri olmak üzere dört temel kategori bulunmaktadır. Söz konusu bu kavramlara yabancı olursa da Hyperledger platformu, mevcut iş akışlarının ihtiyacı olan temel yeteneklere sahip olduğu için birçok blokzinciri projesinde uygulanmaktadır. Örnek vermek gerekirse, Bankalararası Kart Merkezi'nin geliştirdiği kavram kanıtlama çalışması olan BBN Blokzinciri projesinde Hyperledger platformu kullanılmıştır. Ayrıca Hyperledger, “Blockchain as a Service” sistemiyle Amazon Web Hizmetleri içerisinde uygulama şeklinde kullanılmaktadır (Usta ve Doğantekin, 2018).

Hyperledger platformu bir kripto para şeklinde algılanmamalıdır. Platformun geliştirilmesindeki amaç mevcut iş hayatına açık kaynaklı altyapılar sunmak, blokszinciriyle ilgili farkındalığı artırmak ve gelişime açık teknik anlamda birliktelikler kurmaktır. Platforma IBM, Red Hat, American Express, Cisco, J.P.Morgan, Intel, SAP, Wells Fargo, FedEx, Huawei ve Oracle gibi küresel normlu şirketler dahil olmuştur. Bununla birlikte, işlemlerin açık kaynaklı bir ağ içerisinde saklanması ve kullanıcıların veriye erişebilmesinden dolayı oluşan sorunlar Hyperledger platformuyla çözülebilir. Hyperledger’da belirli bir kullanıcı grubuna ait olan veriler depolanabilirken, platformdaki farklı mimari yapı ile geliştiriciler mevcutta kullandıkları herhangi bir modülü Hyperledger uygulamasına dahil edebilir (Güçlü, 2019).

Hyperledger içerisindeki en yaygın olarak bilinen proje Hyperledger Fabric’dir. IBM tarafından yönetilen ve yüksek ölçekli blokszinciri uygulamaları geliştirmek için temel bir proje olan Hyperledger Fabric’in en önemli özelliklerinden bir tanesi modüler mimarisidir. Bu özellik sayesinde mutabakat ve üyelik hizmetleri gibi blokszinciri uygulamaları belirli ihtiyaçlara çerçevesinde tak-çalıştır (plug-and-play) mantığıyla dönüştürülebilmektedir (Usta ve Doğanekin, 2018).

Hyperledger Fabric platformunun gücü komut işlemlerini yerine getiren ana noktanın kapasitesiyle sınırlı olduğu için bu durum ölçekleme açısından daha fazla miktarda çıktı üretebilme potansiyeline sahip bir ağ yapısı üretmektedir. Ayrıca Fabric, modüler özelliklerinin yanında mahremiyet merkezli özellikleriyle izne ihtiyacı olan blokszinciri uygulamaları için daha geniş anlamda çözüm senaryolarına izin verecek kapsamlı bir ağ yapısına sahiptir (BCTR Üretim ve Lojistik Raporu, 2019).

Platformun modüler yapısı, blokzinciri uygulamalarının gizliliğini ve esnekliğini en üst seviyeye çıkarır. Hyperledger Fabric, işlemlerin yerine getirilmesini dağıtık mantık işleme, işlem siparişi ve doğrulanması olarak üç bölüme ayıran modüler bir mimari üzerinde geliştirilmiştir. Söz konusu bu ayrımla düğüm çeşitleri arasında daha az miktarda güven ve doğrulama seviyeleri görülmektedir. Aynı zamanda bu yapının kullanılmasıyla ağ ölçeklenmesi ve performansı en üst seviyeye taşınır ve platformda desteklenen kanallar, işlemlerin sadece gerekli kullanıcılara ulaşmasına izin vermektedir (Cocco ve Singh, 2018).

2.2.4. Ripple

Gerçek zamanlı bir ödeme sistemi olmakla birlikte aynı zamanda bir kripto para birimidir. Dağıtılmış açık kaynak kodlu internet protokolü içerisinde geliştirilmiş olan Ripple protokolünün kullanılmasıyla uluslar arası parasal işlemlerin çok düşük komisyonlarla güvenilir bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanır. Bankalar ve finansal kuruluşlar tarafından kullanılmakta olan Ripple protokolü gün geçtikçe kullanım yaygınlığını genişletmektedir. Bu protokolün kuruluş amacı uluslararası ödeme sistemi olan SWIFT yerine küresel bir ödeme ağının oluşturulabilmesidir. Ripple ödeme ağında her türlü fon transferi gerçekleştirilebilmektedir. Kripto para birimi olan Ripple ise "XRP" kısaltmasıyla ifade edilmektedir. Ripple (XRP) kripto para biriminden blokzinciri tabanlı yazılmış interledger dizilimiyle 100 milyar adet üretilmiştir ve platformda madencilik gerçekleştirilmemektedir (Ripple, 2020).

Ripple protokolünde ortalama işlem maliyeti Bitcoin yapısına göre 10.000 kat daha ucuz, işlem limitleri Bitcoin yapısından 150 kat daha fazla ve işlem süreleri ise ortalama üç ya da dört saniyedir (Dabrowski ve Janikowski, 2018).

Ripple, temel itibariyle diğer blokszinciri platformlarında uygulanan iş kanıtı veya hisse kanıtı fikir birliği yöntemlerini kullanmayarak kendi sistemine ait özel bir fikir birliği protokolü olan interledger yapısını kullanmaktadır. Söz konusu bu protokol, mimarisi itibariyle global bir koordinasyon yapısına gerek duymamaktadır. Ripple protokolünde yapılan işlemler ile ilgili çok kısa süreler içerisinde fikir birliği sağlanabilmektedir. Platformdakilerin, güvenilir kullanıcıları ve işlem bilgilerini doğrulaması gerekmektedir. Kullanıcılar arasında iletişim kanalı oluşturularak işlemlerin sürdürülmesi sağlanır ve bu sayede işlemler bir bütün olarak gerçekleştirilmiş olur (Usta ve Doğanekin, 2017). Bu güçlü platformun kullanılmasıyla birlikte Akbank'ın da içinde bulunduğu uluslararası finans kuruluşları kendi aralarında para transferlerini gerçekleştirmektedir.

2.2.5. Corda

Birçok finans kuruluşu ile düzenleyicinin ortaklığıyla kurulan R3 firmasının bünyesinde tasarlanan Corda platformu, temel itibariyle blokszinciri çözümlerinden biraz farklılık gösteren bir dağıtık kayıt defteri sistemidir (Brown ve diğerleri, 2016). Bununla birlikte, Corda platformu mevcutta kullanılan diğer uygulamalardan farklılaşarak firmalar arasında yasal sözleşmeleri depolamak, koordine etmek, dijital olarak otomatikleştirmek ve finansal piyasalardaki süreçlere çözümler sağlamak için özel olarak geliştirilmiştir (Corda, 2020). Ayrıca bu platform işletmeler için geliştirilmiş açık kaynak kodlu bir blokszinciri uygulaması olmasıyla birlikte yoğun gizlilik durumlarında özellikle finansal açıdan işlemler gerçekleştirebilen blokszinciri ağları oluşturulmasına imkân sunmaktadır.

Corda platformunun kullanılmasıyla akıllı sözleşmeler aracılığıyla mevcuttaki sözleşmelerin tek bir merkezden takip

edilebilmesi sağlanmış ve mutabakat yapılarında karşılaşılan sorunlara çözümler getirilmiştir. Bu sözleşmelerin doğrulanması için Java Virtual Machine diye bilinen bir program kullanılmaktadır ve java yapısında kullanılan herhangi bir programlama diliyle sözleşmeler yazılabilmektedir. Ayrıca Corda platformu hem kurumlar arasında hem de kurum içinde kullanılarak çözümler sağlamaktadır. Bu platform, akıllı sözleşmeleri kullanarak verimsiz yapıların yerine geçmek ve gereksiz tekrarlama, doğrulama, yanlış eşleme ve ihlal gibi kavramları çözmek için tasarlanmıştır. Corda platformunda bulunan veriler, yalnızca ilgili sözleşmeye dahil olan ve yasal açıdan sözleşmeyle ilgili verilere erişme izni olan taraflarca görülebirlirler ve ayrıca bu veriler ağdaki diğer makinelerle paylaşılmaz. Burada, fikir birliği yapısı sistem genelinde değil, işlem seviyesinde yer alır (Usta ve Doğantekin, 2018).

2.2.6. Microsoft Azure

Bu platform, Microsoft tarafından Azure üzerinde “Blockchain as a Service” yapısıyla blokzinciri projelerinin ve uygulamalarının geliştirilmesi için oluşturulmuştur. Azure ile sabit ve paylaşılan bir ağ içerisinde anlık veri paylaşımıyla bütün iş akışlarında paydaşlar arasındaki verileri kaydetme ve doğrulama işlemleri hızlandırılmıştır. Burada, Azure platformuna ait blokzinciri tasarımı için ağın yönetilmesi, akıllı sözleşmelerin modellenmesi ve blokzinciri uygulamaları oluşturulması gibi çözüm sunan üç adımlı yaklaşımlar mevcuttur (Microsoft Azure, 2020).

Microsoft Azure platformundaki blokzinciri uygulamaları, giriş seviyesinde Azure ile blokzinciri altyapısı olan herkes için basit bir şekilde kurulum şablonlarını desteklemektedir. Platform mekanizmasının sunduğu ürünlerin basit kurulum ekranları ile blokzinciri ağ yapısı çok kısa süre içerisinde tasarlanabilmektedir. Bu kapsamda bir uygulama örneği vermek

gerekirse, Bankalararası Kart Merkezi, Microsoft ve Veripark kurumlarının bir araya gelerek geliştirdiği belgem.io uygulamasında Azure blokszinciri platformundan yararlanılmıştır. Belgem.io, herhangi bir kurumun gerçekleştirdiği eğitim, etkinlik ya da organizasyonlara katılan kişilere ait dijital sertifikaların Quorum blokszinciri üzerinde depolanması, görüntülenmesi ve paylaşılabilmesi için geliştirilmiş bir dijital belge yönetimi platformudur (Belgem.io Herkes İçin Blokszincir Platformu, 2020).

2.2.7. NEO

Onchain şirketi tarafından 2014 yılında tasarlanan NEO platformu, dağıtık uygulamalar ile akıllı sözleşmeler üzerine kurulmuş bir ekosisteme sahiptir. NEO platformu, verileri ve işlemleri doğrulamak için ölçeklenebilir Yetkilendirilmiş Hisse Kanıtı (Delegated Proof of Stake) yöntemini kullanır. NEO platformu üzerinde akıllı sözleşmeler ve dağıtık uygulamalar tasarlamak için Ethereum platformundan daha fazla seçenek sunulmaktadır. Bu platform üzerinde Java, C Sharp, Visual Basic, .Net, F Sharp ve Kotlin gibi yöntemler kullanılabilir (Kardaş, 2018).

2.2.8. Stratis

Bu platform, bir “Blockchain as a Service” yapısı olarak tanımlanmıştır. Straits, finans kurumlarına ve dağıtık uygulama tasarlamak isteyen firmalara yönelik blokszinciri hizmeti sunmaktadır. Burada, geliştirme platformu olarak nStratis kullanılmaktadır ve firmalar C# ve .Net yapılarını kullanarak özelleştirilmiş dağıtık uygulamalar geliştirebilir. Straits, genel anlamda Microsoft ürünlerine odaklanan çözümler geliştirmekte ve ayrıca Microsoft tarafından da desteklenmektedir. Stratis platformu da Ethereum platformu gibi geliştiricilerin dağıtık uygulamalar tasarlamasına ve bunları akıllı sözleşmelerle

yönetmesine imkân sağlar. Bununla birlikte, Stratis platformunun diğer blokzinciri platformlarına göre farklılıkları da mevcuttur. Örnek vermek gerekirse, geliştiricilerinin mevcut blokzinciri sistemlerini Stratis ana ağ yapısının yan zincirleri şeklinde başlatma yetkisine sahip olmaları gösterilebilir. Ethereum ve benzeri platformlarda zaman zaman takılmalar görülebilmektedir ancak bu durum Stratis platformunda pek görülmemektedir. Bu durumun görülmemesinin en temel sebebi kullanıcıların kendi ağlarının olmasıdır (Torras, 2018).

Yukarıdaki literatür çalışmaları ve açıklamalar eşiğinde blokzinciri tabanlı belirli platformlara ait tasarımdan doğan farklılıklar ve mimari yapıları açıklanmıştır. Burada, Ethereum platformunun dağıtık uygulamalarda global bir bilgisayar ağ yapısı sağladığı, Hyperledger Fabric platformunun firmalar için Ethereum uygulamalarındaki birtakım zorluklara çözüm önerileri geliştirdiği ve ayrıca Corda platformunun kayıt tutma teknolojilerine farklı bir yöntem ile yapılandırmayı sağladığı anlatılmıştır. Bununla birlikte, Ethereum ve Hyperledger Fabric platformları farklı uygulamalar oluşturmak üzere izin gerektiren ağlar geliştirmek için daha uygun alternatiflerdir. Söz konusu bu iki platformda oluşturulan bazı uygulamaların Corda platformunda tasarlanması daha zordur denilebilir. Son olarak, Hyperledger Fabric platformunun yerleşik yapısı, üst seviye programlama dilleri için destek sağlaması, modüler kimlik yönetimi ve ölçekli uygulamalarda yüksek miktarda performans sunması potansiyel uygulamalar için son derece uygun bir platform olmasını sağlamaktadır.

2.3. Blokzinciri Teknolojisinin Tedarik Zinciri Açısından Ele Alınan Çalışmalar

Tedarik zinciri kavramı, hammaddelerin tedariğinden nihai ürünlerin son tüketicilere ulaştırılması, tamir, bakım ve ürünün içerdiği zararlı maddelerin ortadan kaldırılmasına kadar

bütün faaliyetlerin, süreçlerin ve kişilerin oluşturduğu bir yapıdır. Ayrıca tedarik zinciri, üretim merkezleri, tedarikçiler, dağıtım merkezleri, perakendeciler, hammadde, süreç içi envanterler ve nihai ürünlerden meydana gelmektedir. Söz konusu bu zincir, hammaddenin üretilmesiyle başlar ve ürün tüketildiği anda sona erer (Ross, 1998).

Günümüzde, işletmelerin karşılaştıkları tedarik zinciri ağları gittikçe karmaşıklaşmaktadır. Bunun yanı sıra iş süreçlerinin küreselleşmesi, ürün çeşitliliğinin artması ve ürün yaşam döngülerinin azalması tedarik zinciri yaklaşımlarında özellikle internet teknolojisinin kullanılmasının daha yaygın bir şekilde uygulanmasını sağlamıştır. Ayrıca, ileri bilişim teknolojileri ve internet daha güçlü bir iş birliğinin sağlanması için tedarik zinciri entegrasyonu adına büyük bir potansiyele sahiptir. Tedarik zinciri içerisindeki işlemlerin internet teknolojisi ile yapılması olarak tanımlanabilecek elektronik iş kavramının, tedarik zinciri entegrasyonu üzerinde bilgi entegrasyonu, senkronize planlama, iş akışı koordinasyonu ve yeni iş modelleri gibi açılardan etkisi bulunmaktadır (Lee ve Whang, 2003).

Bununla birlikte, tedarik zincirinde şeffaflık ve izlenebilirlik kavramları kritik öneme sahiptir. Tedarik zinciri süreçlerinde zaman kayıplarını önleme ve maliyet avantajı sağlama gibi durumlar zorlukla yönetilmektedir. Bu yüzden bütün tedarik zinciri akışı boyunca karşılıklı olarak süreci olumsuz etkileyecek hususlar etkin bir şekilde izlenmeli ve kontrol edilmelidir. Burada, yıkıcı bir teknoloji olarak tanımlanan blokszinciri teknolojisinin tedarik zincirine getireceği birçok yenilik olacaktır. Tedarik zincirinde blokszinciri teknolojisinin kullanılmasıyla veri gizliliği ve güven kavramlarının da teknolojinin taraflara sunduğu fikir birliği sayesinde daha kolay sağlanabilecektir.

Blokszinciri teknolojisi, son yıllarda hem akademik hem de tedarik zinciri açısından büyük bir etki oluşturmıştır. Bu teknoloji, geleneksel anlamda lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde mevcutta yaşanan ve küreselleşme neticesinde daha karmaşık bir yapıya dönüşen sorunlara bazı çözümler sunmaktadır. Blokszinciri teknolojisi özellikle işlem kayıtlarında şeffaflık, aracıları ortadan kaldırarak maliyet avantajı sağlanması ve ayrıca işlemlerde güvenle hızlilik oluşturulması gibi bazı kritik çözümler sunmaktadır (Saber ve diğerleri, 2018).

Chen (2017) yılındaki çalışmasında şu an dünya üzerinde özellikle tedarik zinciri alanında geliştirilen birçok blokszinciri çalışması ve uygulaması olduğunu vurgulamıştır. Söz konusu bu çalışmaların yakın gelecekte tedarik zinciri iş akışlarına olumlu sonuçlar getireceği belirtilmiştir.

Şeffaflık kavramı, herhangi bir bilginin mevcut konumunda olduğu gibi kolaylıkla karşı gözlemciler tarafından da kullanılabilir olması şeklinde tanımlanmıştır. Tedarik zinciri kavramında da şeffaflık kavramı bir tedarik ağında yer alan ve paydaşlara sunulan bilgileri ifade etmektedir. Bu kapsamda blokszinciri teknolojisiyle tedarik zincirindeki bilgi akışı daha güvenilir ve saydam bir hale dönüştürülebilecektir (Awaysheh ve Klassen, 2010).

Yapılan bir çalışmada, tedarik zincirinde şeffaflığı ve etkin veri paylaşımını sağlamak için Radyo Frekansıyla Tanımlama (RFID) Teknolojisi kullanıldığını ancak tedarik zincirinde güveni, doğru veri paylaşımını ve izlenebilirliği sağlamak için blokszinciri teknolojisini kullanmanın daha fazla avantajlar ve çözümler getireceği belirtilmiştir. Ayrıca, RFID ve blokszinciri teknolojilerinin de entegre bir şekilde düşünülmesi gerektiği vurgulanmıştır (Eljazzar ve Kassam, 2018).

Ürünlerin gerçek zamanlı izlenilmesine imkân sağlayan IoT, RFID, sensörler, barkodlar ve GPS etiketleri gibi teknolojilerle izlenebilirlik sağlanırken bu gibi süreçlerin blokszinciri teknolojisiyle entegre bir şekilde kullanılması neticesinde tedarik zincirindeki ürün akışlarında kimlik yönetiminin daha da kolaylaşacağı vurgulanmıştır (Kshetri, 2018).

Yapılan diğer bir çalışmada, FRID teknolojisiyle blokszinciri teknolojisi birleştirilip ağaç tedariginde ürünlerin bilgi akışlarını sağlamak için Azure Blockchain Workbench uygulamasıyla tedarik zinciri sürecinin iyileştirilmesine dair çalışmalar ve analizler yapmışlardır. Bu çalışma neticesinde blokszinciri teknolojisinin tedarik zinciri iş akışlarında kullanılmasına dair olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Figorilli ve diğerleri, 2018).

Günümüzde herhangi bir bilgiye ulaşmak her ne kadar basit bir süreç gibi gözükse de, bu durum blokszinciri ve onun merkezi olmayan mimarisi sebebiyle bazı karışıklıklara sebep olmaktadır. Bu süreci bir uygulama örneğiyle açıklamak gerekirse, gıda üreticisi X işletmesi ile lojistik hizmet sağlayıcısı olan Y işletmesi arasında ürünlerin taşınması esnasında belirli koşullara göre değişkenlik gösteren bir akıllı sözleşmenin oluşturulduğunu düşünelim. Bu akıllı sözleşmeye göre Y işletmesi taşıma faaliyeti boyunca eğer ürünlerin istenilen sıcaklık değerlerini sağlayamazsa belirlenen ödeme miktarından 1/5 oranında kesintiye gidilmesini kabul etmiş olsun. İşte bu gibi durumlarda güvenilir bir kaynaktan temin edilen sıcaklık değerleri ya da Y işletmesinin soğutucularındaki sensörlerden temin edilen sıcaklık değerlerinin ölçülmesi işlemleri blokszinciri kahinleri yani blockchain oracles şeklinde tanımlanmaktadır. Aynı zamanda bu kavram da akıllı sözleşmelerin karar mekanizmaları adına önemli bir yer teşkil etmektedir. Bu

aşamada soğutucularda yer alan ve aynı zamanda hem X işletmesi hem de Y işletmesi tarafından gerçek zamanlı takip edilebilen sensörlerden alınan karşılıklı veri akışı bu iki işletme arasındaki güven sorununu çözmektedir (İlkbahar, 2019).

Blokszinciri teknolojisinin tedarik zinciri gibi sektörlerde büyük ilgi görmesinin en önemli sebeplerinden birisi klasik ticari ilişkilerde karşılaşılan güven sorununa çözüm olarak çıkmasıdır. (Hawlitschek ve diğerleri, 2018).

Genel anlamda, blokszinciri teknolojisinin işlem hızı, bilgi paylaşımı ve şeffaflık gibi faydalarına ek olarak temel amacı işlem ve gıda güvenliğini arttırmaktır. Bu duruma bir örnek vermek gerekirse, Provenance şirketi balıkçılık endüstrisinde ürünlerin denizden sofraya kadar olan hareketlerini şeffaf bir şekilde takip etmek için blokszinciri tabanlı bir uygulama başlatmıştır (Kshetri, 2018: 83).

Tedarik zinciri faaliyetlerinde işlem hacminin fazla olması birçok sorunu ve karmaşıklığı meydana getirmektedir. Bunlar hatalı ürün gönderimi, gecikme, kaybolma, fazla çalışan sayısı, eksik ürün takibi ve izlenebilirliği gibi sorunlardır. Bu gibi sorunların çözümü için ileri dijital teknolojilerin kullanılması gerekmektedir. Blokszinciri teknolojisi de tedarik zincirindeki söz konusu sorunların çözümü için bütün işlem kayıtlarının güven altına alınmasını sağlamaktadır (Casado ve diğerleri, 2018).

Blokszinciri teknolojisiyle birlikte gelecek olan bilgi paylaşımı ve güvenliği, merkezi bir otoritenin bulunmaması, dijital kayıt, izleme ve takip gibi konular bütünleşik lojistik yönetimi içerisinde etkin ve verimliliğin temel şartları olarak görülmektedir (Dobrovnik ve diğerleri, 2018).

Çok modlu taşımacılık faaliyetlerini içeren lojistik hizmetlerde güvenilir bir arz zincirinin kurulmasında blokszinciri

teknolojisinin büyük çözümler getireceği düşünülmektedir (Hackius ve Moritz, 2017:15).

Diğer taraftan nesnelerin interneti kavramıyla elektronik cihazlar ve insanlar arasında bir bağlantı sağlamak daha kolay olmuştur. Ayrıca IoT ve blokszinciri teknolojilerinin uygulama alanlarından birisi de tedarik zinciri yapılarıdır. Blokszinciri teknolojisiyle gıdaların işlenmesi, taşımacılık ve lojistik gibi sektörlerde üçüncü taraf hizmet sağlayıcılar olmadan bu yapıların dijitalleşmesi, şeffaflığı ve güvenilirliği oluşturulabilecektir (Mohanta ve diğerleri, 2018). Tedarik zincirinde ürünlerin izlenilebilirliği üzerine yapılan bir çalışmada blokszinciri kullanılarak üretici, taşıyıcı, perakendeci ve tüketicilere gıda ürünlerinin kalite ve güvenilirliklerine dair bilgiler sunulabilmektedir (Lu ve Xu, 2017).

Küresel teknoloji şirketi IBM, Çin’de faaliyet gösteren Sichuan Hejia şirketi ve Yijian isimli blokszinciri geliştiricileri ile birlikte ilaç sektöründeki tedarik uygulamalarının tasarlanması için birlikte çalışılacağını açıklamıştır. Geliştirilen blokszinciri uygulamasıyla ilaçların tedarik zinciri boyunca hareketleri izlenerek şeffaflık sağlanacaktır (Mansfield, 2017).

Sadouskaya (2017), çalışmasında blokszinciri teknolojisinin tedarik zinciri ve lojistik sektörleri üzerine etkilerini incelemiştir. Söz konusu çalışmada blokszincirin tedarik zinciri üzerine sağlayacağı bazı avantajlar tüketicilere ürünle ilgili güvenilir bilgi verilmesi, merkezi olmayan yapıyla bütün taraflara katılım imkânı sağlanması, sahteciliği azaltması ve ödeme sistemlerini kolaylaştırması şeklinde belirtilmiştir.

Akıllı sözleşmeler tedarik zinciri alanında blokszinciri teknolojisiyle birlikte daha da yaygın bir şekilde kullanılabilmektedir. Bu süreçle ilgili bir örnek vermek gerekirse, tedarik zinciri içerisinde tasarlanan bir akıllı

sözleşmede ürün teslim alındığında tedarikçi firmaya gerekli tutar gönderilebilir şeklinde bir talimat eklenebilir. Bu sayede blokzinciri teknolojisinin kullanılmasıyla tedarik zinciri işlemlerinde yaşanabilecek risklerin azaltılması sağlanmış olur. Bunun dışında blokzincirin değiştirilemez işlem geçmiş yapıyla tedarik zinciri süreçlerinde sahiplik zinciri oluşturulabilir. Bu durum zincir içerisindeki taraflar için açık bir kanıt olarak kullanılabilir ve ürünlerin takip edilebilirliğini kolaylaştırır (Hofmann ve diğerleri, 2018).

Ayrıca bu teknoloji tedarik zinciri süreçlerinde ürünlere ait sertifikasyon sağlayarak işlemlerin güvenilir, hızlı ve az maliyetli bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır. Tedarik zinciri işlemlerinde yaşanan gecikmeler ve karşılaşılan yüksek maliyetler dikkate alındığında, blokzinciri teknolojisinin bu sorunlara çözümler getirebileceği söylenebilir (Morkunas ve diğerleri, 2019).

Bununla birlikte, akıllı sözleşmelerin kullanılmasıyla taraflar arasında güven protokolü tesis edilecek ve tedarik zinciri içerisindeki taraflar birbirlerine bağlı hale gelecektir. Aslında bu durumda eğer herhangi bir akıllı sözleşme yoksa tedarik zincirindeki akışın da olmayacağı söylenebilir. Hem aynı zamanda sistem içerisinde taraflardan herhangi birisine akıllı sözleşmeyle bağlı olmayan taraf tedarik zinciri ağına dâhil edilemez (Engelenburg ve diğerleri, 2018).

Meng ve diğerlerinin (2018) çalışmasında, blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri süreçlerinde izinsiz giriş tespit sistemleri üzerinde incelemeler yapılmıştır. Söz konusu çalışmada blokzincirin tedarik zinciri alanında kullanılabileceği ve siber saldırılardan korunmak adına blokzinciri teknolojisinin mevcutta kullanılan sistemlerin ötesine geçeceği ve daha verimli olacağı belirtilmiştir.

Hajipour ve diğerlerinin (2019) çalışmasında ise, tüketici satın alma davranışları ile maliyetler üzerinden bir matematiksel model tasarlanarak tedarik zinciri süreçlerinde etkinlik ve şeffaflığın artırılması hedeflenmiştir. Kazançları maksimum yapmak için RFID teknolojisiyle takip edilebilir bir kapalı döngü tedarik zinciri ağı sunulmuştur.

Nakasumi (2017) çalışmasında, klasik tedarik zinciri süreçlerinde güvenlikle ilgili yaşanan problemlere odaklanmıştır. Söz konusu çalışmada özellikle regülasyonların ve yasaların blokszinciri teknolojisiyle uyumlu ve entegre bir şekilde olması durumunda geliştirilecek blokszinciri ekosistemlerinin daha verimli ve katma değerli olacağı belirtilmiştir.

Tieman ve Darun (2017) çalışmasında, blokszinciri teknolojisi helal tedarik zinciri süreçlerinde kullanılmak üzere test etmişlerdir. Söz konusu çalışmada helal tedarik zinciri süreçlerinde karşılaşılan zorluklar belirlenmiştir. Netice itibarıyla, blokszincirin bu zorlukları çözme potansiyelinin çok yüksek olduğu belirtilmiş ve bu alanda faaliyet gösteren işletmelere blokszinciri teknolojisinin kullanılması önerilerinde bulunulmuştur.

Blokszinciri teknolojisiyle sunulan işlemlerin açık ve şeffaf bir şekilde görünürlüğü bir ürünün üretim aşamasından son tüketildiği noktaya kadar olan bütün aşamalarının kontrol edilebilir izlenebilirliğini sağlamaktadır. Söz konusu bu durum özellikle herhangi bir ürüne ait ayrıntılı bilgilerin kanıtlanmasının çok önemli olduğu sektörler ve alanlar için daha da önem arz etmektedir. Bahsedilen bu çözümün sağlanmasıyla müşterilerin tedarikçilere olan güveni sağlanabilmektedir (Loop, 2017).

Aynı zamanda blokzinciri teknolojisi, tedarik zinciri içerisinde çalınan ya da kaybolan ürünlerin geri kazanılması ve sahtekarlık gibi konularda da çözümler sunabilecek potansiyele sahiptir (Apte ve Petrovsky, 2016: 77). Ayrıca blokzinciri teknolojisinin dolandırıcılık ve siber suçlar için sunduğu ileri güvenlik mimarisi tedarik zincirlerinde bu teknolojinin yüksek seviyede talep görmesinin kanıtı olarak karşımıza çıkmaktadır (Burnson, 2017).

Son olarak Ahram ve diğerlerinin (2017) çalışmasında ise, blokzinciri teknolojisi imalat, tedarik zinciri ve sağlık gibi sektörler için de bir uygulama aracı olarak gösterilmiştir. Söz konusu çalışmada, güvenilir bir mimarisi olan blokzinciri teknolojisinin değer zinciri üretimini geliştirerek teknoloji ile entegre bir kullanım sağlayıp sektörlerin ve uygulama alanlarının dijitalleşmesinde etkili bir rol üstleneceği belirtilmiştir.

SONUÇ

Blokszinciri teknolojisi, birkaç yıl içerisinde pek çok sektörün önemle dikkatini çeken ve çalışmalar yaptığı bir noktaya gelmiştir. Özellikle “Bitcoin” gibi dijital para birimlerinin son derece yüksek bir ilgiyle karşılanması, bütün odak noktaların dijital paraların oluşumunun arkasındaki blokszinciri teknolojisine çevrilmesini sağlamıştır. Bu şekilde ilerleme gösteren dijitalleşme süreçleri karşısında ülkelerin, işletmelerin, bireylerin ve hukuk sistemlerinin de kayıtsız kalması düşünülemez. Dolayısıyla dünya genelinde blokszincir alanında örnek çalışmalar, uygulamalar, projeler ve düzenlemeler de hızlı bir şekilde ortaya çıkmaya başlamıştır.

Teknoloji şirketleri, ülkelerdeki karar vericiler ve diğer birçok sektörlere ait uzmanlar blokszinciri teknolojisini özellikle kapsamlı bir iş modeli olarak değerlendirmektedirler. Söz konusu bu düşünceler ve değerlendirmeler blokszinciri teknolojisinin potansiyel dönüşümsel etkilerinin anlaşılmasını tamamlayarak teknolojiyle ilgili uygulamaların ve ürün tasarımlarının hızlandırılmasını sağlamaktadır. Bu yüzden dünya genelinde blokszinciri alanındaki kapsamlı düzenlemelerle birlikte altyapıların oluşturulması ve uygulanması teknolojinin ilerlemesi açısından son derece önemlidir.

Teknoloji ile ilgili alanlarının çoğunda daha önceden yaşandığı gibi blokszinciri teknolojisi alanındaki gelişmeler de akademik çalışmalarla desteklenerek uygulama açısından daha ileri noktalara taşınabilecektir. Dünyanın önde gelen üniversitelerinde blokszinciri teknolojisiyle ilgili araştırma merkezlerinin ve derslerin açılmaya başlanması ve ayrıca mühendislik uygulamalarıyla ilgili çalışmaların artması teknolojinin aktarımı açısından önemli gelişmelerdir. Bu gibi

gelişmelerin ve çalışmaların teknolojinin hızlı bir şekilde kabul görmesine ve uygulama alanlarının oluşmasına katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Diğer taraftan genel anlamda sonuç kısmında çalışmanın amacını ve özgünlüğünü farklı bir şekilde özetlemek gerekirse, tedarik zinciri ve lojistik faaliyetlere ait iş süreçlerinin karmaşıklığı giderek daha da artmaktadır. Tedarik zincirinde iletişim ve koordinasyonun sağlanması, veri ve ürün akış görünürlüğü, gıda güvenliği ve kalitesi, tedarik zincirinde zaman kayıplarını önleme, iş akışlarında şeffaflık ve izlenebilirliğin sağlanması gibi süreçlerde karşılaşılan zorluklar sektörde faaliyet gösteren işletmeleri olumsuz anlamda etkilemektedir. Bu yüzden blokszinciri teknolojisi açısından potansiyel bir uygulama alanı olarak görülen tedarik zinciri ve lojistik alanlarında faaliyet gösteren işletmelerin blokszinciri teknolojisine dair bilgi eksikliklerinin bulunması ve teknolojinin iş süreçlerine uygulanmasına dair bir yol haritalarının olmaması çalışma kapsamında göz önünde bulundurulmuş diğer önemli bir konudur.

Çalışmanın Literatüre Katkısı:

Blokszinciri teknolojisi genel anlamda yeni bir teknoloji olmasına rağmen teknolojiyle ilgili akademik açıdan ele alınan ve yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Şu ana kadar blokszinciri teknolojisiyle ilgili literatürdeki çalışmalara bakıldığında genel olarak teknolojinin kavram kanıtlama süreci, finans alanına etkisi, diğer yeni teknolojilerle birleştirilmesi, blokszinciri teknolojisinin özünde ne olduğu ve hangi sektörlerde kullanım potansiyeli olduğu ve ayrıca kullanılan mevcut sistemler içerisine blokszinciri teknolojisinin de entegre edilmesi üzerine çalışmalar olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada literatürde tespit edilen bu alanların da ötesinde blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri ve lojistik sektörlerinde uygulanma potansiyeline dair elde edilen sektörel verilerle reel sektörün ihtiyaç ve beklentilerine yanıt verebilir şekilde bir yöntem ve planlama ile hareket edilmiştir.

Bu kapsamda mevcut literatür ve blokzinciri alanı için daha belirgin ve etkili bir çalışma olması açısından tedarik zinciri ve lojistik alanı içerisinde etkin bir uygulama alanı seçilmiştir. Belirlenen hedef doğrultusunda blokzinciri teknolojisinin uygulanmasına dair lojistik ve tedarik zinciri sektörleri için kritik bir noktada hizmet sunan 3PL işletmeler seçilmiştir. Araştırmanın mevcut literatür için özgünlüğü ve önemi bu aşamada devreye girmektedir. Çünkü belirlenen alan ile ilgili daha önce literatürde bir çalışma yapılmamış olması araştırmayı daha da önemli kılmaktadır.

Söz konusu çalışmadaki sonuçlar ve bulgular sektörel uzmanların blokzinciri teknolojisinin fonksiyonellik açısından özelliklerinin işlemlerin hash fonksiyonları ve kriptografi ile kaydedilmesinden ziyade dağıtık defter teknolojisi ile akıllı sözleşmeler de daha iyi entegrasyonun sağlanarak çalışabileceğini göstermektedir. Bu durum, blokzinciri teknolojisinin veri entegrasyonunu destekleyebileceği, ancak standartlaştırılması gereken uçtan uca entegrasyonu çözmek için ise bir veri modeli sunmadığı sonucunu göstermektedir. Genel olarak blokzinciri teknolojisi, akıllı sözleşmeler de sistem güvenliği ve gizliliği için entegre edilebilir yapıdadır. Bununla birlikte çalışmada, blokzinciri teknolojisine dair en önemli tespit ve işlevler işlemlerin zaman damgası ile gerçekleştirilmesi, özel şifreleme ile güvenli veri aktarımının sağlanması ve akıllı sözleşmeler için dijital imzaların oluşturulabilmesidir.

Çalışmanın Blokszinciri Teknolojisindeki Gelişmelere Katkısı:

Blokszinciri teknolojisi, birçok farklı alanda verilerin ve işlemlerin kaydedilip depolanabileceği genel bir sistem olma yolunda her geçen gün ilerlemektedir. Bu kapsamda, değişmezliğe sahip şeffaf yapısıyla birlikte işlemlerin tek bir sistem üzerinden takip edilebilmesi işlem maliyetlerini azaltarak birçok farklı sektörde kullanılmasıyla ürün ve işlem izlenebilirliğinin etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi sağlanabilecektir. Bununla birlikte teknolojinin farklı sektörlerde uygulanabilme potansiyeli de diğer benzer teknolojilere göre daha geniştir. Dolayısıyla bu açıdan bakıldığında teknoloji alanında faaliyet gösteren şirketlerin blokszinciri alanında gerçekleştirecekleri çalışmalar ve araştırmalar teknolojinin farklı sektörlerde uygulanması, kullanımının tabana yayılması ve somut ürünler çıkarılması açısından son derece önemlidir.

Bu çerçevede, çalışmada ele alınan konunun ve sektörün derinlemesine analiz edilmesi teknoloji şirketleri açısından kritik öneme sahiptir. Öncelikle 3PL işletmelerin mevcut iş akışları ve faaliyetlerinde karşılaştıkları müşteri gereksinimlerinin kapsamlı araştırmalar ve görüşmeler neticesinde belirlenmesi sektörel durum tespitinin yapılması açısından önemlidir. Çalışmada aynı zamanda söz konusu bu müşteri gereksinimlerinin karşılanması noktasında mevcutta kullanılan sistemlere ek olarak blokszinciri teknolojisinin de kullanılması düşüncesi üzerinde araştırma yapılan kapsamlı bir alandır. Belirlenen araştırma planı çerçevesinde halihazırda blokszinciri teknolojisi alanın da çalışmalar ve araştırmalar yapan küresel normlu teknoloji şirketleriyle görüşmeler gerçekleştirilmesi blokszinciri teknolojisinin sadece 3PL işletmeler için değil aynı zamanda tedarik zinciri ve lojistik sektörleri için de kullanılması adına referans alınabilecek bir çalışma niteliğindedir.

Ayrıca akıllı sözleşmelerin blokzinciri ağında depolanan birer kod parçaları olarak düşünüldüğünde ve mimarisi bu şekilde planlandığında ekosisteme dahil olan bütün kullanıcıların akıllı sözleşmelerdeki gerekli koşulları kabul etmesi ve yerine getirmesi sözleşmede daha önceden belirlenen işlemlerin otomatik olarak gerçekleştirilmesini sağlar.

Akıllı sözleşmelerin blokzinciri teknolojisi ile çalıştırılmasını teknoloji şirketlerine öneri olarak bir uygulama örneğiyle açıklamak gerekirse, et üreticisi A firmasıyla 3PL işletme olan B firması arasında ürünlerin taşınması için bir akıllı sözleşme oluşturulmuş olsun. Blokzinciri ağında kod parçaları şeklinde depolanan bu akıllı sözleşme ile taşıma esnasındaki sıcaklık değerlerinin korunması, gerçek zamanlı konum bilgilerinin paylaşılması, doğru teslimat bilgilerinin sağlanması ve ödeme talimatlarının verilmesi gibi birçok konuda işlemlerin otomatik olarak gerçekleştirilmesi sağlanabilir. Söz konusu bu öneri kapsamında teknoloji şirketleri çalışmada müşterinin sesi şeklinde 3PL işletmelerle gerçekleştirilen görüşmelerden elde edilen gereksinimleri ve hesaplanan önem derecelerini göz önünde bulundurarak sektörün ihtiyaçlarına cevap verebilecek şekilde bir blokzinciri yazılımı ve uygulaması tasarlanması konusunda çalışmadan faydalanabilirler.

Bununla birlikte çalışma kapsamında akıllı sözleşmelerin blokzinciri ağında tasarlanması için izlenilmesi gereken aşamalar konusunda küresel normlu teknoloji şirketleri ile gerçekleştirilen görüşmelerden ve çalışma kapsamındaki araştırmalardan elde edilen öneriler ve bulgular aşağıda belirtilmiştir:

- Öncelikle hangi sektörde faaliyet gösteriliyorsa bu süreçte ya da üretim de kaç tedarikçi, dağıtıcı ve kaynak kullanıcı ile çalışıldığı belirlenmelidir.

- Üretim ya da süreç için gerekli olan hammaddelerin hangi tedarikçilerden temin edildiği, hangi süreçlerden geçtiği, bu tedarikçilerin hangi ülkelerde hangi denetimlere tabi tutulduğu tespit edilmelidir.
- Blozkinciri ağının hangi platformla (Microsoft Azure, Ethereum, Hyperledger, vb.), kaç kullanıcı ve kurucu ağı dahil edilerek kurulacağını belirlenmesi.
- Teknik açıdan bakıldığında kullanıcıların ağı ya da sisteme nasıl dahil olacaklarının belirlenmesi.
- Ağı giriş için gerekli olan anahtarların yönetiminin nasıl yapılacağı, bir ID altyapısına ihtiyaç olup olmadığı ve bu ID'lerin nerede depolanacaklarının belirlenmesi.
- Bununla birlikte ağdaki verilerin ve işlemlerin güvenlik açısından on/off hangi blozkinciri altyapısında depolanacağını belirlenmesi.
- Ağın gizlilik yönetimi (secret management) altyapısının nasıl olacağını belirlenmesi.
- Son olarak, akıllı sözleşmeler yönetilirken kullanılacak olan altyapılara göre fikir birliği (consensus) mekanizmasının iş kanıtı (Proof of Work – PoW), hisse kanıtı (Proof of Stake – PoS) ve yetki kanıtı (Proof of Authority – PoA) mekanizmalarından hangisinin kullanılacağını belirlenmesi gerekmektedir.

Ayrıca çalışma kapsamında farklı sektörler için blozkinciri ağları ve yazılımları tasarlanması adına küresel normlu teknoloji şirketleri ile gerçekleştirilen görüşmelerden ve çalışma kapsamındaki araştırmalardan elde edilen tespitler ve bulgular neticesinde göz önünde bulundurulması gereken hususlar ve öneriler aşağıda belirtilmiştir:

- Öncelikle blokzinciri ağında tasarlanması düşünülen bir dağıtık defter teknolojisi için public ya da private anahtar (key) şeklinde tanımlanan dijital kimliklerin (ID) belirlenmesi gerekmektedir.
- Tedarik zinciri ve lojistik süreçlerindeki gerçek zamanlı veri ve ürün akış görünürlüğünün blokzinciri ağı kullanılarak şeffaf ve izlenebilir şekilde sağlanması için akıllı sözleşmeler, dijital kimlik, eşler arası ağ veri mekanizması ve dağıtık defter teknolojisinin entegre bir yapı içerisinde çalıştığı bir ekosistem oluşturulmalıdır.
- Ağdaki dijital kimlik yönetiminin nasıl olacağının belirlenmesi gerekmektedir.
- Ağ kullanılırken ileride katılımcıların ve işlemlerin arttığı durumlarda blokzinciri ağının işlem kapasiteleriyle ilgili ölçeklendirilebilirliği husunun nasıl yönetileceğinin daha önceden belirlenmesi gerekmektedir.
- Bununla birlikte, akıllı sözleşmelerin yönetiminin (smart contracts governance) nasıl yapılacağının belirlenmesi gerekmektedir.
- Ayrıca, ağdaki işlem (transaction) miktarlarının ve yazılım gerekliliklerinin neler olacağı kapsamlı bir şekilde belirlenmelidir.
- Son olarak, blokzinciri ağı tasarlamayı düşünen teknoloji şirketlerinin sektörde bu alanda üretilmiş olan somut uygulamalardan yola çıkarak yazılım kod örneklerine, işleyişlerine, içeriklerine, paylaşımlarına, teknik detayları ile süreçlerine ve uygulama aşamalarına dair derinlemesine çalışmalar ve araştırmalar yapması gerekmektedir.

Diğer taraftan, blokzinciri teknolojisi özellikleri içerisinde kalite evi kapsamında da ele alınan ve teknik önem derecesi hesaplanan kriptografi ve hash fonksiyonları için yakın gelecekte bir bakıma tehdit olarak görülen kuantum bilgisayarlar hususunda da teknoloji şirketlerinin tasarlanması planlanan blokzinciri mimarisi içerisinde tedbirler almaları önerilmektedir. Ayrıca diğer taraftan muhtemel kuantum bilgisayarların söz konusu güçlü işlemci mekanizmaları ve mevcut bilgisayarlara göre farklı bir yapı içerisinde çalışmaları da yakın gelecekte blokzinciri teknolojisinin mimarisinin güçlendirilmesi için de kullanılabilir.

Bununla birlikte çalışma kapsamında kalite evinde teknik özellikler referans değerlendirmesi kısmında da blokzinciri teknolojisine karşı detaylı bir şekilde belirtilen ERP, EDI, IoT ve RFID teknolojileri üzerinde de bütünsel çalışmalar gerçekleştirilebilir. Kalite evi kapsamında hesaplanan teknik önem dereceleri ile elde edilen bulgular ve tespitleri göz önünde bulundurarak teknoloji şirketleri sektörel ihtiyaçlara çözümler sunabilecek ERP, EDI, IoT ve RFID teknolojilerinin de birlikte kullanılabildiği kapsamlı bir blokzinciri mimarisi ve ekosistemi tasarlamak üzere çalışmalar gerçekleştirebilirler.

Son olarak, yapılan çalışma ile blokzinciri teknolojisini geliştiren, araştırmalar yapan ve ürün üreten tarafta bulunan teknoloji şirketleri için de farklı sektörlerin blokzinciri teknolojisi ihtiyaç analizi kapsamında lojistik ve tedarik zinciri alanları için bir tasarım yol haritası sunulması ve iş birliğinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın İşletmelere Katkısı:

Fonksiyonellik açısından teknik özelliklerin özel bir birleşimi olarak karşımıza çıkan blokzinciri tabanlı sistemlerin ve yazılımların farklı sektörlere operasyonel maliyetleri

azaltmak ve verimliliği artırmak, işlemlerin güvenilirliğini sağlamak, varlıkların ve kayıtların, özgünlüğünü kanıtlamak ve akıllı sözleşmelerin uygulanması gibi birçok çözümler getireceği bilinmektedir. Ayrıca blokzinciri teknolojisinin iş akışlarında ve süreçlerinde pazarı yeniden şekillendirme potansiyelinin de olduğu düşünülmektedir.

Literatürdeki çalışmalar blokzinciri teknolojisinin artan önemi üzerinde durarak bu teknolojinin çeşitli işletme ve endüstrilerde uygulanabilir olduğunu vurgulamaktadır. Bunun yanı sıra literatürde blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri yönetimine entegrasyonu ile ilgili yapılan çalışmaların uygulama ve somut ürün tasarlama noktasındaki eksikliği de bilinmektedir.

Bu çerçevede bu çalışmanın amacı olarak blokzinciri teknolojisinin mevcut mimarisi analiz edilerek tedarik zinciri ve lojistik alanlarına fayda sağlaması için analizler ve araştırmalar yapılmıştır. Öncelikle uygulama alanı olarak belirlenen 3PL işletmelerin mevcut iş akışları ve faaliyetlerinde karşılaştıkları müşteri gereksinimlerinin detaylı araştırmalar ve görüşmeler sonucunda tespit edilmesi sektörel anlamda durum tespitinin gerçekleştirilmesi adına önemli bir aşamadır. Bu noktada yapılan araştırma belirlenen müşteri gereksinimlerinin yerine getirilmesi için mevcutta kullanılan teknolojilere ek olarak blokzinciri teknolojisinin kullanılabilmesi düşüncesi üzerinde araştırma yapılan kapsamlı bir çalışmadır.

Ülkemizde blokzinciri teknolojisine yönelik düzenlemeler açısından uzun soluklu bir süreç bulunmaktadır. Bu açıdan bakıldığında blokzinciri alanında kamu ve özel sektörün karşılıklı etkileşim içerisinde kalarak müşterek bir şekilde ilerlemeleri sürecin sektörlere olan etkileri açısından önem arz etmektedir. Sonuç olarak, blokzinciri alanının da kamu ve özel sektör tarafından gerçekleştirilecek her bir girişim hem tedarik

zinciri ve lojistik sektörü açısından hem de diğer sektörler açısından son derece önemli olacaktır. Bu noktada yapılan bu tez çalışması belirli bir sektör açısından yol haritası ve referans olma noktasında değerli bir araştırma olarak düşünülmektedir.

Ayrıca çalışmada IoT, AI ve ERP gibi teknolojilerin blokszinciri teknolojisine entegre edilmesiyle bütünleşik bir sistem olarak çalışabileceği ve bu noktada 3PL işletmeler için verimliliği esas alan inovatif çözümlerin ve fonksiyonların sunulacağı düşünülmektedir.

Diğer taraftan, blokszinciri teknolojisinin tedarik zinciri ve lojistik alanlarında uygulanması hususunda karşılaşılan bazı zorluklar ve eksiklikler olduğu da tespit edilmiştir. Söz konusu bu zorluklar ve eksiklikler ortak standartlar sağlayacak regülasyon eksikliği, teknolojiyi kabullenme ve uygulama gücü, güçlü donanımlara sahip bilgisayarların gereksinimi, uygulama maliyeti ve uzmanlaşmış insan kaynağı eksikliği şeklinde sıralanabilir. Ele alınan bu çalışmanın söz konusu zorlukların ve eksikliklerin giderilmesi noktasında kapsamlı analizler ve bulgular içerdiği düşünülmektedir.

Bununla birlikte, EDI teknolojisinin ilk çıktığı yıllarda kullanım yaygınlığını ve benimsenmesini Walmart gerçekleştirmiştir. Benzer durum ve potansiyel ana kullanıcı eksikliği şu an için blokszinciri teknolojisinde de geçerlidir. Bu yüzden teknolojinin daha hızlı gelişmesi ve tedarik zinciri ile lojistik sektörlerine uygulanması açısından ana bir kullanıcının ya da yüklenici işletmenin blokszinciri teknolojisini benimsemesi ve mevcut süreçlerinde kapsamlı bir şekilde kullanmaya başlaması önemli bir gelişme olacaktır.

Benzer öneriyi Türkiye’de faaliyet gösteren 3PL işletmeler için de verebiliriz. Bu kapsamda blokszinciri teknolojisinin benimsenmesi ve kullanılması için birden fazla lojistik ve 3PL

işletmenin bir araya gelerek strateji ve yönetim danışmanlığı hususunda bir ekosistem oluşturmaları gerekmektedir. Bu sürecin ardından blokzincirin uygulanması için teknoloji danışmanlığı temin edilebilir.

Diğer taraftan, blokzinciri teknolojisinin tamamen kabul edilmesinin ve yeni iş modelleri kurulmasının önündeki en büyük engellerden birisi de birlikte çalışabilirlik (interoperability) eksikliği olarak görülmektedir. Farklı hedeflerle ortaya çıkan birçok blokzinciri platformunun birlikte çalışabilirlik kapsamında bütünleşik protokoller ve altyapılar tasarlaması gerekmektedir.

Elde edilen tüm bu bilgiler ve çalışmalar neticesinde blokzinciri teknolojisinin ana gelişim ve uygulama alanının akıllı sözleşmeler olduğunu söyleyebiliriz. Akıllı sözleşmelerin de çalışma mimarisi gereği yazılı olarak çift taraflı gerçekleşmesi blokzinciri teknolojisinin uygulanmasını kolaylaştırmaktadır. Blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmelerle birlikte kullanılmasıyla banka, noter, ilgili kuruluşlar, vb. gibi araçların ortadan kaldırılması söz konusu olabilecektir. Ayrıca bu sayede ürün tedarik ve satış zincirinde takip edilebilirlik ve izlenebilirlik kavramları daha kapsamlı bir şekilde sağlanabilecektir. Kahve çekirdeğinin tarladan son tüketiciye ulaşıncaya kadar takibinin ve izlenebilirliğinin sağlanması kolay bir şekilde gerçekleşebilecektir. Bu sayede zincir boyunca ürün geri dönüşleri azaltılarak takibi daha da kolaylaşmış olacaktır.

Özetle, gelecek on yıl içerisinde köklü değişiklikler getireceğine inanılan blokzinciri teknolojisi için ele alınan tez çalışması 3PL işletmelere ve tedarik zinciri ile lojistik iş süreçlerinin yerine getirilmesinde bir yol haritası çizerek ileride yaşanabilecek köklü değişikliklere hazırlıklı olmaları konusunda da önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca blokzinciri teknolojisinin

3PL işletmelerin iş süreçlerinde uygulanması noktasında teknolojinin yatırım maliyeti de göz önünde bulundurulması gereken diğer önemli bir konudur. Bu noktada teknolojiyi uygulamayı düşünen her bir işletme yatırım maliyetlerini derinlemesine araştırmalı ve ele alınan tez çalışmasındaki KFY kapsamında kalite evi tasarımını işletme içinde uygulayarak kapsamlı analizler gerçekleştirebilirler.

Son olarak, blokszinciri teknolojisi ile ilgili literatürde farklı alanlar ve sektörler için yapılmış çalışmalar mevcuttur ancak çalışmada blokszinciri teknolojisinin lojistik sektörü özelinde 3PL işletmelere uygulanması çalışmanın özgünlüğünü bu aşamada devreye sokmaktadır. Çünkü literatürde blokszinciri teknolojisinin KFY yöntemi kullanılarak 3PL işletmelere uygulanmasına yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bununla birlikte mevcut literatür ele alındığında blokszinciri teknolojisinin sadece teknik ve mühendislik alanında ele alındığı çalışmalar ile ayrıca teori kısmının ele alındığı çalışmalar mevcuttur. Söz konusu çalışmalarda hem teknik açıdan teknolojinin ele alındığı hem de teorik açıdan açıklayıcı bilgilendirmelerin yapıldığı çalışmalar bulunmamaktadır. Bu kapsamda ele alınan tez çalışması ile blokszinciri teknolojisinin hem teknik hem de teorik açıdan birlikte ele alındığı ve lojistik sektörü özelinde de uygulanmasına yönelik bir çalışma olması neticesinde özgünlüğü vurgulanmıştır. Ayrıca gelecek çalışmalara ışık tutması açısından farklı sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerin tedarik zinciri yöneticilerine blokszinciri teknolojisi kullanılmasına yönelik bir çalışma gerçekleştirilebilir.

KAYNAKÇA

- Abeyratne, S. A. ve Monfared, R. P., 2016. Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 05 (09), pp. 1-10.
- Accenture, “Tech Vision 2019: DARQ Power” raporundan alınmıştır. (13.02.2020).
- Anascavage, R., Davis, N. “Blockchain Technology: A Literature Review”, 2018.
- Angell, M. (2018). “Port of Rotterdam looks at blockchain project for container logistics” <https://www.freightwaves.com/news/port-of-rotterdam-blockchain> (Erişim Tarihi: 25.10.2018).
- Antonopoulos, A. M. “Mastering Bitcoin: unlocking digital cryptocurrencies”. "O'Reilly Media, Inc.", 2014.
- Apte, S., & Petrovsky, N. (2016). Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management? *J. Excipients Food Chem*, 7(3), 76-78.
- Ataşen, K. (2019, Kasım 19). “Blockchain Zorlukları: Ölçeklenebilirlik”. (Erişim: <https://bag.org.tr/index.php/2019/11/18/blockchain-zorluklari-olceklenebilirlik/>).
- Avdzha, A. K. The Coming Age of Blockchain Technology in Corporate Governance. Tilburg Üniversitesi. Uluslararası Ticaret Hukuku Yüksek Lisans Tezi. Tilburg, Hollanda. (2017).

- Awaysheh, A.; Klassen, R.D. The Impact of Supply Chain Structure on the Use of Supplier Socially Responsible Practices. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 2010, 30, 1246–1268.
- Badzar, A., “Blockchain for securing sustainable transport contracts and supply chain transparency” Master Thesis, Department of Service Management and Service Studies, Lund University, 2016.
- Bakan, İ. ve Şekkeli, H. Z. (2019). *Blok Zincir Teknolojisi ve Tedarik Zinciri Yönetimindeki Uygulamaları*, OPUS, 11(18).
- Bartoletti, M., Carta, S., Cimoli, T., & Saia, R. (2017). “Dissecting Ponzi Schemes on Ethereum: Identification, Analysis, And Impact”. *Future Generation Computer Systems*, 102, 259-277.
- Beck, R., Czepluch, J. S., Lollike, N., Malone, S. “Blockchain-the Gateway to Trust-Free Cryptographic Transactions”. *European Conference on Information Systems*, 153. (2016).
- Belgem.io, Herkes İçin Blokzincir, Faz II Güncellenmiş Versiyon, BKM, Microsoft, Veripark, Mart 2020.
- Bentov, Iddo, vd.; “Cryptocurrencies Without Proof of Work” *International Conference on Financial Cryptography and Data Security*, Springer Berlin Heidelberg, ss.142-157. 2016.
- Blockchain Türkiye Platformu (BCTR), 2019, “Volvo tedarik zincirini blockchain ile takip etti”<https://bctr.org/volvo-tedarik-zincirini-blockchain-ile-takip-etti-10280/>.
- Blockchain Türkiye Platformu (BCTR), Hukuk Düzenlemeler ve Kamu İlişkileri Çalışma Grubu, “Dünyada Blokzinciri

- Regülasyonları ve Uygulama Örnekleri” Karşılaştırma Raporu, Şubat 2019.
- Blockchain Türkiye Platformu (BCTR), Hukuk Düzenlemeler ve Kamu İlişkileri Çalışma Grubu, “Blokzinciri Teknolojisi Terminoloji Çalışması” s.8, Haziran 2019.
- Blockchain Türkiye Platformu (BCTR), Temmuz 2019, ‘‘Nestlé tedarik zincirini Blockchain ile izleyecek’’ <https://bctr.org/nestle-tedarik-zincirini-blockchain-ile-izleyecek-9632/>.
- Blockchain Türkiye Platformu (BCTR), Üretim, Lojistik ve Ulaşım Çalışma Grubu Raporu, ‘‘Tedarikçi Tanıma Platformu’’, Nisan 2019.
- Bogart, S. and Rice K., “The Blockchain Report: Welcome to the Internet of Value,” 2015.
- Borman, M., Inter-organisational infrastructure and industry value:a case study of the Australian travel sector. International Journal of Information Management, 24 (2), 181-191, 2004.
- Boyson, S., Corsi, T., Verbraeck, A., The e-supply chain portal: a core business model. Transportation Research Part E, 39 (2), 175-192, 2003.
- Britchenko, I., Cherniavska T. and Cherniavskyi B., ‘‘Blockchain technology into the logistics supply chain implementation effectiveness’’, ResearchGate, March, 2018.
- Bross, P., The Potentials of Blockchain Technology in Logistics. Jönköping Üniversitesi, Bilgi Teknolojileri, İşletme ve İnnovasyon, Jönköping, İsveçre. (2017).
- Brown, R. G., Carlyle J., Grigg I., Hearn M., 2016. Corda: An Introduction, DOI: 10.13140/RG.2.2.30487.37284.

- Burchert, C., Decker, C., & Wattenhofer, R. (2018). Scalable funding of Bitcoin micropayment channel networks. *Royal Society open science*, 5(8), 180089.
- Burnson, P., (2017). Blockchain coming of age. *Supply Chain Manag. Rev*, 21(3), 10–11.
- Buterin, V. A., next-generation smart contract and decentralized application platform. *white paper*. (2014).
- Bünger, M. “Blockchain for industrial enterprises: Hype, reality, obstacles and outlook. IoT Agenda”. Retrieved from <http://internetofthingsagenda.techtarget.com/blog/IoTAgenda/Blockchain-for-industrial-enterprises-Hype-reality-obstacles-and-outlook>. (2017).
- Cambridge Centre for Alternative Finance (Cambridge Alternatif Finans Merkezi), Cambridge Electricity Bitcoin Consumption Index (Erişim tarihi: Temmuz 2019), <http://www.epe.admin.cam.ac.uk/cambridge-bitcoin-electricity-consumption-indexcbeci>.
- Casado, V., R., Prietoo, J., De la Prietoo, F., Corchado, J. M. (2018). “How Blockchain Improves the Supply Chain: Case Study Alimentary Supply Chain”. *Procedia Computer Science*. 134 (2018). 393–398.
- Caseau, Y., & Soudoplatoff, S. (2016). *The Blockchain, or Distributed Trust*. Fondapol: <http://www.fondapol.org/wp-content/uploads/2016/06/083-SOUDOPLATOF-VA-2016-06-08-B-DEF.pdf> adresinden alındı.
- Chen, E., “An Approach for Improving Transparency and Traceability of Industrial Supply Chain With Blockchain Technology”, Master of Science Thesis, Tampere University of Technology, November 2017.

- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. Blockchains and smart contracts for the internet of things. *Ieee Access*, 4, 2292-2303. (2016).
- Cocco, S. W. and Singh, G. Top 6 Technical Advantages Of Hyperledger Fabric For Blockchain Networks, 2018. <https://www.ibm.com/developerworks/cloud/library/cl-top-technical-advantages-of-hyperledger-fabric-for-blockchain-networks/index.html> (Erişim Tarihi: 19.07.2018).
- Cognizant, (2016, Nisan). *Blockchain in Banking: A Measured Approach*. Cognizant Whitepapers: [https://www.cognizant.com/whitepapers/Blockchain-in-Banking-A-Measured Approachcodex1809.pdf](https://www.cognizant.com/whitepapers/Blockchain-in-Banking-A-Measured-Approachcodex1809.pdf) adresinden alındı.
- Coltman, T., Keating, B., Anderson E., Devinney T.M. and Gattorna, J., What Do 3PL Customers Really Want?, *Australasian Freight Logistics*, 10, February/March 2008, 22-23.
- Corda CO, 2020. Erişim Tarihi: 22.05.2019, <https://www.corda.net/>.
- Corkery, M. ve Popper, N. 2018 “From Farm to Blockchain: Walmart Tracks Its Lettuce” <https://www.nytimes.com/2018/09/24/business/walmart-blockchain-lettuce.html>.
- Dabrowski, M., & Janikowski, L. (2018). *Virtual Currencies and Central Banks Monetary Policy: Challenges Ahead*. European Parliament, Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies.
- Daldır, I., Sofyalıoğlu, Ç. (2019). Üçüncü Parti Lojistik Sektöründe Depolama Faaliyetlerinin Stratejik Yönetimi: AHS ve KFG Yöntemlerinin Klasik ve Bulanık

- Yaklaşımlar Açısından Karşılaştırılması, İşletme Araştırmaları Dergisi, 11 (2), 917-936.
- Deloitte Report. (2017). "Blockchain Technology and Its Potential Impact on the Audit and Assurance Profession", Erişim tarihi: 09 Nisan 2018, Erişim yeri: <https://www.aicpa.org>.
- Deloitte ve Tüsiad, Blokzincir Potansiyelinin Keşfi, 2018 Yılı Türkiye Blokzincir Araştırması.
- Deloitte, "2019 Global Blockchain Survey"
- Demetoğlu, Ö. G., Türk Ve Avrupa Birliği Veri Koruma Hukuku Bağlamında Blok Zincir Teknolojisinde Unutulma Hakkı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, AVRUPA ARAŞTIRMALARI Enstitüsü, İstanbul. (2019).
- Dobrovnik, M., Herold, D. M., Fürst, E., Kummer, S. (2018). "Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start". Logistics. 2(3). 18. 1-14.
- Dotson, K., 2020, "AirAsia launches transparent tracking blockchain network Freightchain for air cargo" Erişim: <https://siliconangle.com/2020/04/18/airasia-launches-transparent-tracking-blockchain-network-freightchain-air-cargo/>.
- Dumlao, R. (2018, 12 2). *Cryptopolitan* <https://www.cryptopolitan.com/vitalik-buterin-believes-ethereum-is-the-current-world-computer/> adresinden alındı.
- Durğay, Z. ve Karaarslan, E. (2018). Blokzinciri Teknolojisinin E-Devlet Uygulamalarında Kullanımı: Ön İnceleme. Akademik Bilişim Konferansı, *Karabük*.

- Eljazzar, M. M., Amr, M. A., Kassem, S. S. ve Ezzat, M. 2018. "Innovation in Ports the Gateway to the Future" The International Maritime Transport & Logistics Conference (MARLOG 7).
- Engelenburg, S, Janssen M. and Klievink, B. (2018). A Blockchain Architecture for Reducing the Bullwhip Effect. *Business Modeling and Software Design*, 69-82.
- Fersht, V., Zhang, M., & Spink, J. "Blockchain in the food industry at the United Nations" ESCAP project «Pacific Information Superhighway». (2019).
- Figorilli, S., Antonucci, F., Costa, C., Pallottino, F., Raso, L., Castiglione, M., Vecchio, D. D. ve Colle, G. 2018. "A Blockchain Implementation Prototype for the Electronic Open Source Traceability of Wood along the Whole Supply Chain", MDPI.
- Francis, J. (2018). Closing The Hall Of Mirrors, How Blockchain Will Sim-plify And Transform The Supply Chain. Copyright © 2018 Accen-ture Consulting.
- Francisconi, M. (2017). An explorative study on blockchain technology in application to port logistics. Delft Teknoloji Üniversitesi. Teknoloji Yönetimi Bölümü Yüksek Lisans Tezi. Delft, Hollanda.
- Frohlich, M. T. and Westbrook, R., Demand chain management in manufacturing and services: web-based integration, drivers and performance. *Journal of Operations Management*, 20 (6), 729-745, 2002.
- Furlong, S., Houston D. (2018). How Should a CFO Think About The Potential For Blockchain in Finance & Accounting? ISG White Paper. Erişim: <https://isg-one.com>.

- Ge, L., Brewster C., Spek J., Smeenk A., Top J. (2017). Blockchain for Agriculture and Food. Wageningen Üniversitesi. Wageningen Ekonomik Araştırmalar ve TNO Ortak Pilot Çalışması. Wageningen, Hollanda.
- Gerdan, G., (2019), Blokzincir Teknolojisiyle Gıda Güvenliği Ve Yumurta Sektörü İçin Örnek Bir Uygulama, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Girasa, R. (2018). Regulation of Cryptocurrencies and Blockchain Technologies: National and International Perspectives. Springer.
- Graham, N., (2018), The Korea Customs Service to Participate in Blockchain Pilot Program, <https://www.ethnews.com/the-korea-customs-service-toparticipate-in-blockchain-pilot-program> (Erişim Tarihi: 30.05.2018).
- Groenfeldt, T. (2017). “IBM And Maersk Apply Blockchain To Container Shipping.” <https://www.forbes.com/sites/tomgroenfeldt/2017/03/05/ibm-and-maersk-apply-blockchain-to-container-shipping/#68338a413f05> (Erişim Tarihi: (25.10.2018).
- Groenfeldt, T., (2017), 7 European Banks Form Blockchain Consortium for SMEs, <https://www.forbes.com/sites/tomgroenfeldt/2017/06/28/7-europeanbanks-form-blockchain-consortium-for-smes/#4301004f3818> (Erişim Tarihi: 10.04.2017).
- Güçlü, K., “Blokzincir Teknolojisi ve Gümrük İşlemlerinde Blokzincir Uygulama Alanlarının İncelenmesi” Ticaret Uzmanlığı Tezi, Ankara, 2019.

- Güven, D. V., & Şahinöz, E. Blokzincir - Kripto Paralar - Bitcoin / Satoshi Dünyayı Değiştiriyor. İstanbul: Kronik Kitap. (2018).
- Hackius, N. ve Moritz, P. (2017). Blockchain in logistics and supply chain: Trick or treat, In Proceedings (8-13). *Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, 112-13 October, Hamburg.
- Hajipour, V., Tavana, M., Caprio, D. Di, Akhgar M (2019). An optimization model for traceable closed-loop supply chain networks. *Applied Mathematical Modelling*, 71: 673–699.
- Hampton, N., "Understanding The Blockchain Hype: Why Much of It Is Nothing More Than Snake Oil and Spin". *Computerworld IDG*, 2016.
- Hawlitsek, F., Notheisen, B. ve Teubner, T. "The limits of trust-free systems: A literature review on blockchain technology and trust in the sharing economy". *Electronic Commerce Research And Applications Journal*, 29 (4), 50-63, 2018.
- Hempel, J., (2018), Blockchain's Brand New World is Being Built by Refugees, <https://www.wired.com/story/refugees-but-on-the-blockchain/> (Erişim Tarihi: 26.03.2018).
- Hileman, G. & Rauchs, M, "Global Blockchain Benchmarking Study", Cambridge Centre for Alternative Finance. 2017.
- Hill, C. A., Scudder, G. D., The use of electronic data interchange for supply chain coordination in the food industry. *Journal of Operations Management*, 20 (4), 375-387, 2002.
- Hofmann, E., Rüşch, M. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Comput. Ind.* 2017, 89, 23–34.

- Hofmann, E., Strewe, U. M., & Bosia, N. (2018). Supply chain finance and blockchain technology: The case of reverse securitisation, Cham: Springer.
- Hreinsson, E. M. (2018). The future of blockchain technology and cryptocurrencies. Reykjavík Üniversitesi. İşletme Lisans Tezi. Reykjavík, İzlanda.
- Huh, S., Cho S. ve Kim. S. “Managing IoT Devices using Blockchain Platform”. IEEE 19th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), s. 464- 467, 2017.
- Iansiti, M. and Lakhani, K. R. The truth about blockchain. Harv. Bus. Rev. 95, 118–127. 2017.
- IBM Food Trust, 2019, Raw Seafoods use case. Erişim: <https://www.ibm.com/blockchain/use-cases/>.
- IBM TradeLens, 2020, erişim: <https://www.tradelens.com/>.
- IDC, Worldwide Semiannual Blockchain Spending Guide, 2017, H2.
- İlkbahar, R. (2019). Araştırma Şirketlerinin Gözünden Blokszincir’in Geleceği, <https://medium.com/@recepilkbahar/arastirma-sirketlerinin-gozunden-blokszincirin-gelecegi-5bc15045bc50> [Ziyaret tarihi: 30 Mart 2020].
- Jabbar, K. ve Bjorn, P. (2018). Infrastructural grind: Introducing Blockchain technology in the shipping domain, in Proceedings (297–308), *ACM Conference on Supporting Groupwork*, 2018, New York, NY, USA.
- Javaheri, G. 2019, ‘‘ A Taste for Collaboration’’ Golden State Foods Erişim: <https://www.ibm.com/downloads/cas/D2L1BJVA>.

- Johansson, J. ve Nilsson, C. "How the blockchain technology can enhance sustainability for contractors within the construction industry", Master's Thesis in the Master's Programme Supply Chain Management, Chalmers University Of Technology Gothenburg, Sweden. 2018.
- Karaarslan, E., ve Akbaş, M. F. (2017). Blok Zinciri Tabanlı Siber Güvenlik Sistemleri, *Uluslararası Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi*, 3(2) 16-21.
- Kardaş, S. (2018). Blokzincir Teknolojisinde Fikir Birliği Modelleri. 1. *Ulusal Blokzincir Çalıştay* (s. 8). Kocaeli: TÜBİTAK BİLGEM.
- Khatri, Y. 2019 " Walmart builds blockchain solution to automate payments of its carriers in Canada" <https://www.theblockcrypto.com/linked/47238/walmart-builds-blockchain-solution-to-automate-payments-of-its-carriers-in-canada>.
- Kırbaş, İ. (2018). Blokzinciri teknolojisi ve yakın gelecekteki uygulama alanları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 75-82.
- Killmeyer, J., White, M., & Chew, B., (2017), Will blockchain transform the public sector?, 7, Deloitte University Press.
- Knuth, D., "The Art of Computer Programming", Volume 3, *Sorting and Searching*, Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc.: Redwood City, ss. 506–542. 1998.
- Koetsier, J. (2017). "Blockchain Beyond Bitcoin: How Blockchain Will Transform Business in 3–5 Years". June 14 <https://www.inc.com/john-koetsier/how-blockchain-willtransform-business-in-3-to-5-years.html>.

- Kshetri, N., Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives, *International Journal of Information Management* 39 (2018) 80–89, Elsevier.
- Kula, Ö., ‘‘Blok Zinciri Tabanlı Ödeme Ve Müşteri Sadakat Sistemi Geliştirilerek Enerji Sektörüne Uygulanması’’, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta. (2019).
- Kuzuloğlu, S. (2016). ‘‘Blok zinciri (Blockchain) nedir?’’, 15 Ocak 2012 tarihinde <https://bkm.com.tr/blok-zinciri-blockchain-nedir/> adresinden erişildi.
- Lai, K. H. ve Cheng, T. E. (2016). *Just-in-time logistics*. Routledge.
- Lanier, J. Who Owns the Future? New York: Simon & Schuster. (2013).
- Lee, H. L., Whang, S., e-Business and supply chain integration, *The Practice of Supply Chain Management: Where Theory and Application Converge*, Kluwer Academic Pub, Boston, 2003.
- Lefroy, W. (2017, Kasım 9). *Blockchain: Changing Interaction in the F&A Supply Chain*. Rabobank: <https://www.rabobank.com/en/raboworld/articles/blockchain-changing-interaction-in-the-fand-a-supply-chain.html> adresinden alındı.
- Lemieux, V. L. (2016). ‘‘Trusting Records: Is Blockchain Technology the Answer?’’. *Records Management Journal*, 26(2), 110-139.
- Lin, W. T., Mock, T. J., Wright, A., ‘‘The Use of Analytic Hierarchy Process As An Aid In Planning The Nature And Extent of Audit Procedures’’, *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, 4(1), ss. 89-99. (1984).

- Loop, P. (2017). Blockchain: The next evolution of supply chains, Erişim tarihi: 08.05.2019, <http://www.industryweek.com/supply-chain/blockchain-nextevolution-supply-chains>.
- Lu, Q. and Xu, X. “Adaptable Blockchain-Based Systems: A Case Study for Product Traceability”, *IEEE Software*, 34(6), 21–27, 2017.
- Madhwal, Y. ve Panfilov, P. (2017). Blockchain And Supply Chain Management: Aircrafts’ Parts’ Business Case. In Proceedings (1051-1056), *28th DAAAM International Symposium*, Vienna, Austria, 23 – 26 October.
- Mansfield, D. S. (2017), “Beyond Bitcoin: Using Blockchain Technology to Provide Assurance in the Commercial World”, *Computer Fraud & Security*, (5), pp. 14-18.
- Marr, B. 2017. [Ziyaret tarihi: 11 Şubat 2019] *A Complete Beginner's Guide To Blockchain*, <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/01/24/a-complete-beginners-guide-to-blockchain>.
- Meng, W., Tischhauser, E. W., Wang, Q., Wang, Y., & Han, J. (2018). When Intrusion Detection Meets Blockchain Technology: A review. *IEEE Access*, 6.
- Mermer, G. B., Zeydan, E. ve Arslan, Şuayb. Ş., “Blokzincir Teknolojilerine Genel Bir Bakış: Çalışma Prensibi”, Fırsatları ve Zorlukları, IEEE, 2018.
- Merz, M., (2018), Enerchain Project Overview and Key Insights, 5-6, Hamburg: PONTON GmbH.
- Mettler, M. “Blockchain technology in healthcare: The revolution starts here”, 2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 1–3, 2016.

- Microsoft Azure, 2020. Erişim Tarihi: 22.05.2020, <https://azure.microsoft.com/tr-tr/solutions/blockchain/>.
- Mohanta, B. K., Panda, S. S., Jena, D. “An Overview of Smart Contract and Use Cases in Blockchain Technology”, 9th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT), 1-4, 2018.
- Morkunas, V. J., Paschen, J., Boon, E. (2019). How blockchain technologies impact your business model. Business Horizons, 2018.
- Nakamoto, S. “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System,” *Consulted*, pp. 1–9, 2008.
- Nakasumi, M. (2017, Temmuz). *Information sharing for supply chain management based on block chain technology*. 19th Conference on Business Informatics, Vol. 1, Tokyo/Japonya, 140-149.
- Nandhakumar, D. P. (2017). Applications of blockchain technology in sustainable supply chain management ESCP Avrupa Üniversitesi. Paris, Fransa.
- Patel, D., Balakarthikeyan, Mistry V. (2018) “Border Control and Immigration on Blockchain”. In: Chen S., Wang H., Zhang LJ. (eds) Blockchain – ICBC 2018. ICBC 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10974. Springer, Cham.
- Petersen, M., Hackius, N., ve Von See, B. (2018). Mapping the sea of opportunities: Blockchain in supply chain and logistics it, *Information Tech.*, 60(5-6), 263-271.
- Pilkington, M., *Blockchain technology: principles and applications*. In: Olleros FX, Zhegu M (eds), Research handbook on digital transformations. (2016).

-
- Ponteves, H. D., & Eremenko, K. 2018. *What is Blockchain*, (Erişim: 2019).
<https://www.udemy.com/buildyour%20blockchainaz/learn/v4/t/lecture/9657362?start=75>
- Probst, L., Frideres, L., Cambier, B. & Martinez-Diaz, C., (2016), *Blockchain applications & services*, Business Innovation Observatory, Brussels: European Commission.
- Rajesh, R., Pugazhendhi, S., Ganesh, K., Yves, D., Lenny Koh, S. C. & Muralidharan C. (2011): Perceptions of service providers and customers of key success factors of thirdparty logistics relationships – an empirical study, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 14:4, 221-250.
- Razzaque, M. A. ve Sheng, C. C. (1998). “Outsourcing of Logistics Functions: A Literature Survey”. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28(2): 89–107.
- Reyna, A. Martín, C. J. Chen, E. Soler, M. Díaz, “On blockchain and its integration with IoT Challenges and opportunities”, *Future Generation Computer Systems*, 88, 173–190, 2018.
- Rodrigue, J. P. Efficiency and sustainability in multimodal supply chains, *International Transport Forum Discussion Paper*, No. 2018-17, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), International Transport Forum, Paris, (2018).
- Ross, D. F. (1998). *Competing Through Supply Chain Management: Creating Market-Winning Strategies Through Supply Chain Partnerships*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Saberi, S., Mahtab, K., Joseph S. ve Lejia, S. 2018. “Blockchain technology and its relationships to sustainable supply

- chain management”. *International Journal of Production Research* 0 (0): 1-19.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>.
- Sadouskaya, K. (2017). *Adoption of Blockchain technology in supply chain and logistics* (Bachelor’s Thesis Business Logistics). Kymenlaakso University of Applied Sciences.
- Schneider, M. (2017). Design and Prototypical Implementation of a Blockchain-based System for the Agriculture Sector. Zürih Üniversitesi. Bilişim Bölümü Yüksek Lisans Tezi. Zürih İsviçre.
- Singh, N. (2018, 1 10). *Blockchain + IoT for Supply Chain*. Hackernoon: <https://hackernoon.com/blockchain-iot-for-supply-chain-1b07d4afd614>.
- Southurst, J., (2018), Real Estate Tech Firm Zweispace Japan Starts Registering Property Sales on the Blockchain, Bitsonline: <https://bitsonline.com/real-estate-zweispace-japan-blockchain/> (Erişim Tarihi: 21.02.2019).
- Sultan, K., Ruhi, U., Lakhani, R. “Conceptualizing Blockchains: Characteristics and Applications”, 11th IADIS International Conference on Information Systems, 49–57, 2018.
- Şerif, D., “Blockchain Teknolojisi ve Bitcoin”, SETA Analiz Dergisi, Sayı:231, Şubat 2018, s.8.
- Tapscott, D., Tapscott, A., & Cummings, J. (2018). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin and Other Cryptocurrencies Is Changing the World*. New York: Brilliance Audio; Unabridged Edition.
- Tasatanattakool, P., & Techapanupreeda, C. (2018, January). Blockchain: Challenges and applications. In 2018

- International Conference on Information Networking (ICOIN) (pp. 473-475). IEEE.
- Thomasson, E. 2019 “ Carrefour says blockchain tracking boosting sales of some products”.
- Thornburg, W. 2018. *What is Ethereum? | The Ultimate Beginners’ Guide*, <https://coincentral.com/what-is-ethereum-the-ultimate-beginners-guide>, [Mart 2019].
- Tian, F., “An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology”. *Service Systems and Service Management (ICSSSM)*, 13th International Conference on. IEEE, 2016.
- Ticaret Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü, «Blokzincir Uygulamalarına İlişkin Kavramsal Çerçeve,» Ankara, 2019.
- Torras, V. (2018, Ekim 9). *Redefining Blockchain as a Service — Beyond Buzzwords*. Medium:[https://medium.com/ardor/redefining-blockchain-as-a-service-beyond buzzwordsd5fcdcdd057f9](https://medium.com/ardor/redefining-blockchain-as-a-service-beyond-buzzwordsd5fcdcdd057f9) adresinden alındı.
- Tribis, Y., El Bouchti, A., Bouayad, H., ve El Ghazi, H. (2018). Supply chain management based on Blockchain: A systematic mapping study. *MATEC Web of Conferences*, vol. 200, p. 20 doi:10.1051/matec-conf/201820000020.
- Turkanovic, M., Holbl, M., Kotic, K., Hericko, M. and Kamisalic, A. “EduCTX: A Blockchain-Based Higher Education Credit Platform”, *IEEE Access*, 6, 5112–5127, 2018.
- Tübitak Bilgem, 2017, <https://blokzincir.bilgem.tubitak.gov.tr/blok-zincir.html> alındı.

- UN/CEFACT, (2018). Blockchain White Paper (Blockchain Project No. P1049).
- Usta, A. ve Doğantekin, S. ‘‘Blockchain 101’’, MediaCat Kitapları, İstanbul. 2017.
- Usta, A., Doğantekin, S. 2018, Blockchain 101 v2, Güncellenmiş Versiyon, BKM, MediaCat Kitapları, İstanbul.
- Ünsal, E. ve Kocaoğlu, Ö., ‘‘Blok Zinciri Teknolojisi: Kullanım Alanları, Açık Noktaları ve Gelecek Beklentileri’’, *European Journal of Science and Technology* No. 13, pp. 54-64, August 2018 Copyright © 2018 EJOSAT.
- VeChain, 2020. Erişim: <https://www.vechain.org/>.
- Venkat, A., (2018). ‘‘Blockchains and APIs’’, <http://www.noahdatatech.com/blockchain-and-api/>, (13.02.2018).
- Vertrax Blockchain, 2019, Vertrax and IBM use case. Erişim:<https://vertrax.com/blockchain/>.
- Villalmanzo, I. V. (2018). Blockchain: Applications, Effects and Challenges in Supply Chains. Tampere Teknoloji Üniversitesi. Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi. Tampere, Finlandiya.
- Volpicelli, G., ‘‘How the blockchain is helping stop the spread of conflict diamonds,’’ *WIRED UK*. [Online]. Available: <http://www.wired.co.uk/article/blockchain-conflict-diamonds-everledger>. [Accessed: 20-Nov-2017].
- Watanabe, H., Fujimura, S., Nakadaira, A., Miyazaki, Y., Akutsu, A., Kishigami, J. J. ‘‘Blockchain contract: A complete consensus using blockchain’’, IEEE 4th Global

- Conference on Consumer Electronics (GCCE), 577–578. (2015).
- Wieck, M., (2017), It's Time for Governments to Embrace Blockchain, [https:// www.coindesk.com/three-questions-governments-embrace-blockchain-2018/](https://www.coindesk.com/three-questions-governments-embrace-blockchain-2018/) (Erişim Tarihi: 21.03.2018).
- Wilding, R. ve Rein J. (2004). "Customer Perceptions On Logistics Outsourcing In The European Consumer Goods Industry". *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol.34, No.8: 628–644.
- Wolfson, R., (2019). "Albertsons Joins IBM Food Trust Blockchain Network To Track Romaine Lettuce From Farm To Store" (Erişim: Nisan 2019). <https://www.forbes.com/sites/rachelwolfson/2019/04/11/albertsons-joins-ibm-food-trust-blockchain-network-to-track-romaine-lettuce-from-farm-to-store/#3eb2dac36219>.
- Wolfson, R. 2020 "Mediterranean Olive Oil Producer Uses IBM Blockchain to Fight Food Fraud" <https://cointelegraph.com/news/mediterranean-olive-oil-producer-uses-ibmblockchain-to-fight-food-fraud>.
- Wood, D., Meiklejohn, D., Buchanan, A., Brewster, C., Laughlin, H., Green, N., & Mallet, P. 2015. *Blockchain: the solution for transparency in product supply chains*, provenance: <https://www.provenance.org/whitepaper>, [Ziyaret tarihi: 3 mart 2019].
- Wood, G. (2014). Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger. *Ethereum project yellow paper*, 151, 1-32.
- World Economic Forum, (2018), Building Block(chain)s for a Better Planet, 11, San Francisco.

- Wüst, K., ve Gervais, A. Do you need a Blockchain? ACR Cryptol-ogy ePrint Archive. pp. 375. (2017).
- Yıldırım, F. (2015). Kripto paralar, blok zinciri teknolojisi ve uluslararası ilişkilere muhtemel etkileri. *Medeniyet Araştırmaları Dergisi*, 2 (4), 81-97.
- Yiannas, F. (2017). A new era of food transparency with Wal-Mart center in China. Food safety news. Retrieved from <http://www.foodsafetynews.com/2017/03/a-new-era-offood-transparency-with-wal-mart-center-in-china/#.WOB65mcVjIU>.
- Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). *Where Is Current Research on Blockchain Technology? A Systematic Review*, PloS one, 11(10), e0163477.
- Yue, X., Wang, H., Jin, D., Li, M. and Jiang, W. "Healthcare Data Gateways: Found Healthcare Intelligence on Blockchain with Novel Privacy Risk Control", *Journal of Medical Systems*, 40(10), 218, 2016.
- Zhang, X. (2018, Aralık 13). *BlockchainforSDGs: Beyond Concepts*. Unescap: (Erişim:<https://www.unescap.org/sites/default/files/Blockchain%20for%20SDGs%201201.pdf>).
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X. and Wang, H. "An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends", *Proceedings - 2017 IEEE 6th International Congress on Big Data, BigData Congress 2017*, 557–564, 2017.

BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN TEDARİK ZİNCİRİ VE LOJİSTİK FAALİYETLER ÜZERİNE ETKİLERİ

yaz
yayınları

YAZ Yayınları

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar / AFYONKARAHİSAR

Tel : (0 531) 880 92 99

yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com

ISBN: 978-625-6524-51-4



9

786256

524514