



**T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

**TEDARİK ZİNCİRİNDE BLOKZİNCİRİN
KALİTE FONKSİYON YAYILIMIYLA 3PL
ŞİRKETLERİNDE İNCELENMESİ**

Doktora Tezi

GÖKHAN KIRBAÇ

ORCID NO: 0000-0002-0848-4535

İZMİR – 2020

**T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

**TEDARİK ZİNCİRİNDE BLOKZİNCİRİN
KALİTE FONKSİYON YAYILIMIYLA 3PL
ŞİRKETLERİNDE İNCELENMESİ**

Doktora Tezi

GÖKHAN KIRBAÇ

ORCID NO: 0000-0002-0848-4535

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ BERNA TEKTAŞ

İZMİR – 2020

YEMİN METNİ



Doktora Tezi olarak sunduğum ‘‘Tedarik Zincirinde Blokzincirin Kalite Fonksiyon Yayılımla 3PL Şirketlerinde İncelenmesi’’ adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

.....

Gökhan KIRBAÇ

İmza

 <p>İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ</p> <p>TS EN ISO 9001:2015</p>	<p>T.C. İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ Sosyal Bilimler Enstitüsü</p>	
	<p>TEZ SINAVI TUTANAK FORMU</p>	Dok. No: FR/604/21
		İlk Yayın Tar.: 03.10.2017
		Rev. No/Tar.: 00/..
		Sayfa 1 / 1

GÖNDEREN : İşletme Anabilim Dalı Başkanlığı
GÖNDERİLEN : Sosyal Bilimler Enstitüsü

Anabilim Dalımız Doktora Programı öğrencisi Gökhan KIRBAÇ ile ilgili Tez Sınav Tutanağı aşağıdadır.

Tarih:
Sayı :

İşletme Anabilim Dalı Başkanı
Prof. Dr.
Nezih Metin ÖZMUTAE

SINAV TUTANAĞI "Tedarik Zincirinde Blokzincirin Kalite Fonksiyonlarıyla 3PL Şirketlerinde İncelenmesi" Tez Sınav Jürimiz tarafından incelenen "~~Blokzincir Teknolojisinin Tedarik Zinciri Yöntemi Üzerine Etkileri~~" başlıklı doktora tezi ile ilgili olarak jürimiz 27.07.2020 tarihinde toplanmış ve adı geçen öğrenciyi Tez Sınavına tabi tutmuştur. Sınav sonucunda adayın tezi hakkında OYBİRLİĞİ/ÇOKLUĞU ile aşağıdaki karar verilmiştir.


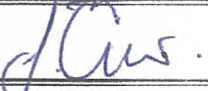

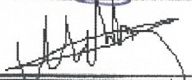
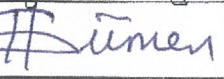
KABUL

Kabul Edilen Yüksek Lisans / Doktora tezi:

- i) Bilime yenilik getirmiştir
- ii) Yeni bir bilimsel yöntem geliştirmiştir
- iii) Bilinen bir yöntemi yeni bir alana uygulamıştır
- iv) Uygulama yapmıştır (sadece Yüksek Lisans'ta geçerlidir)

RED

DÜZELTME *

Tez Sınav Jürisi	Unvanı ve Adı Soyadı	İmza
Tez Danışmanı	Dr. Öğr. Üyesi Berna TEKTAŞ	
Üye	Prof. Dr. Ferhan ÇEBİ	
Üye	Prof. Dr. Funda YERCAN	
Üye	Doç. Dr. Melih ENGİN	
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Halil Halefşan SÜMEN	

Eki : Tez Değerlendirme Formu (Her bir jüri için).

* Tez sınavında düzeltme kararı verilmesi halinde jüri tarafından öngörülen düzeltmelere ilişkin bir jüri raporu eklenmelidir. Düzeltmeler için Ek süre her defasında en fazla yüksek lisans öğrencileri için 3 ay, doktora öğrencileri için 6 aydır.

ÖZET

Doktora Tezi

TEDARİK ZİNCİRİNDE BLOKZİNCİRİN KALİTE FONKSİYON YAYILIMIYLA 3PL ŞİRKETLERİNDE İNCELENMESİ

Gökhan KIRBAÇ

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Tedarik zinciri ve lojistik iş akışı süreçlerinin yönetimi zincirdeki paydaşlar ve işlemlerin artmasından dolayı giderek daha da karmaşık bir hale gelmektedir. Bununla birlikte, tüketicilerin taleplerinin sürekli değişmesi ile sektörde yaşanan gelişmeler esnek üretim ve tedarik zinciri konularının önemini de giderek artırmıştır. Ayrıca teknolojinin hızlı gelişimi de şüphesiz tedarik zincirinde köklü değişiklikler yapmakta ve klasik tedarik zinciri tanımlarını da değiştirmektedir. Bu çerçevede, tedarik zinciri ve lojistik sektörlerindeki işletmeler küreselleşmeye daha fazla odaklanmalı ve bilgi teknolojilerini hammadde tedarikinden başlayarak ürünlerin son tüketicilere ulaştırılması ve müşteri memnuniyeti sağlanması süreçlerine kadar daha yoğun bir şekilde kullanarak iş süreçlerine entegre etmelidirler.

Yıkıcı bir teknoloji olarak tanımlanan ve merkeziyetsizlik, dağıtık defter teknolojisi, eşler arası ağ, değişmezlik gibi çekirdek özelliklere sahip olan blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri ile lojistik sektörleri için bahsedilen dijital belge ve işlem yönetimi ihtiyaçlarına çözümler sunabileceği düşünülmektedir.

Ele alınan çalışmada blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri ve lojistik süreçlerin yerine getirilmesinde kullanılmasına dair kapsamlı araştırmalar ve analizler yapılmıştır. Bu kapsamda tedarik zinciri ve lojistik sektörleri için bütünleşik hizmetler sunan Üçüncü Parti Lojistik (3PL) işletmeler çalışmanın uygulama tarafı olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın uygulama ve araştırma kısmında öncelikle 3PL müşteri gereksinimleri belirlenmiş ve 3PL işletmelerle gerçekleştirilen görüşmelerde müşteri

gereksinimlerinin önem seviyelerinin ağırlıklandırılması istenmiştir. Ardından blokzinciri teknolojisinin fonksiyonellik açısından teknik özellikleri belirlenerek blokziinciri üzerine çalışmalar yapan teknoloji şirketleri ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın metodoloji kısmında ise uygun araştırma yöntemleri belirlenmiş ve bu kapsamda 3PL işletmelerin müşteri gereksinimlerinin karşılanması için blokzinciri teknolojisinin teknik özelliklerinin kullanılmasına yönelik Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) kapsamında kalite evi tasarlanmıştır. Kalite evi kapsamında müşteri gereksinimlerinin önem seviyelerinin ağırlıklandırılması için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak tasarlanan kalite evinden ve hesaplanan teknik önem derecelerinden yola çıkarak blokzinciri teknolojisinin 3PL işletmelerin iş akışı süreçlerinde kullanılmasına yönelik sektörel bir teknoloji yol haritası oluşturulmuş ve derinlemesine analizler yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Blokzinciri Teknolojisi, Tedarik Zinciri, Lojistik, Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY)

ABSTRACT

Doctoral Thesis

Doctor of Philosophy (PhD) Thesis

THE EVALUATION OF THE BLOCKCHAIN IN SUPPLY CHAIN AT 3PL COMPANIES WITH QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT

Gokhan KIRBAC

Izmir Katip Celebi University

Graduate School of Social Sciences

Department of Business Administration

Doctorate of Business Administration Program

The management of supply chain and logistics workflow processes is becoming increasingly complex due to the increase in stakeholders and transactions in the chain. Therefore, developments in the sector with the ever-changing demands of consumers have increased the importance of flexible production and supply chain issues. In addition, the rapid development of technology undoubtedly makes radical changes in the supply chain and changes the classical supply chain definitions. In this context, businesses in the supply chain and logistics sectors should focus more on globalization and integrate their business processes with more intensive use of information technologies, from raw material supply to the delivery of products to end consumers and customer satisfaction.

It is thought that blockchain technology, which is defined as a disruptive technology and has core features such as decentralization, distributed ledger technology, peer-to-peer network, invariance, can provide solutions to the mentioned digital document and transaction management needs for the logistics sector.

In this study, extensive researches and analyzes were conducted on the use of blockchain technology in the supply chain and in the implementation of logistics processes. In this context, Third Party Logistics (3PL) companies that provide integrated services for the supply chain and logistics sectors have been identified as the implementation side of the study.

In the application and research part of the study, primarily 3PL customer requirements were determined and the importance levels of customer needs were emphasized in the interviews with 3PL companies. Then, the technical features of blockchain technology in terms of functionality were determined, and semi-structured interviews were held with technology companies working on blockchain. In the methodology part of the study, appropriate research methods were determined and within this scope, a house of quality was designed within the scope of Quality Function Deployment (QFD) to use the technical features of blockchain technology to meet the customer needs of 3PL companies. Analytical Hierarchy Process (AHP) method was used to weight the importance levels of customer needs within the scope of the house of quality. As a result, a sectoral technology road map has been created and in-depth analyzes have been made for the use of blockchain technology in the workflow processes of 3PL firms based on the designed the house of quality and the calculated technical importance levels.

Keywords: Blockchain Technology, Supply Chain, Logistics, Quality Function Deployment (QFD)

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	iii
TEZ SINAVI TUTANAK FORMU	iii
ÖZET	ivv
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR LİSTESİ	xiv
ÖNSÖZ	xv
GİRİŞ	1
1. BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ	5
1.1. Blokzinciri Teknolojisinin Teknik Özellikleri	14
1.1.1. Merkezi Olmayan (Decentralized)	15
1.1.1.1. Dağıtık Defter Teknolojisi (Distributed Ledger Technology)..	15
1.1.1.2. Dijital Kimlik (Digital ID)	16
1.1.1.3. Hesap Verebilirlik (Accountability)	18
1.1.1.4. Eşler Arası Ağ (Peer to Peer/P2P Netnork)	19
1.1.2. Akıllı Sözleşmeler (Smart Contracts)	20
1.1.2.1. Ödeme Ağı (Payment Network)	22
1.1.2.2. Kayıt Tutma (Record-Keeping)	24
1.1.3. Şeffaflık ve İzlenebilirlik (Transparency and Traceability)	25
1.1.3.1. Veri Gizliliği ve Güvenliği (Data Privacy and Security)	27
1.1.3.2. Değişmezlik (Tamper Resistant and Immutable)	28

1.1.3.3. Fikir Birliği ve İş Kanıtı (Consensus and Proof of Work/PoW)	29
1.1.3.4. Kriptografi ve Hash fonksiyonları (Cryptography and Hash Functions)	31
1.2. Blokzinciri Teknolojisinin Tedarik Zinciri Yönetiminde Kullanılması	32
1.3. Blokzinciri Teknolojisinin Tedarik Zincirine Getirdiği Avantajlar	37
1.4. Blokzinciri Teknolojisine Geçişte Yaşanabilecek Zorluklar	44
1.4.1. Teknik ve Teknolojik Zorluklar	44
1.4.1.1. Ölçeklenebilirlik (Scalability)	45
1.4.1.2. Gizlilik ve Güvenlik Sorunları	46
1.4.1.3. İşlem Performansı	46
1.4.1.4. Yazılım Sorunları ve Siber Saldırıları	46
1.4.1.5. Çatallaşma (Fork)	47
1.4.1.6. Şifreleme ve Kuantum Bilgisayarlar	48
1.4.1.7. Finansal Kullanım Açısından Zorluklar	48
1.4.2. İşletmeler Açısından Yaşanabilecek Uygulama Zorlukları	50
1.4.2.1. Bilgi ve Uzmanlaşmış İnsan Kaynağı Eksikliği	51
1.4.2.2. Blokzinciri İhtiyaç Analizi Eksikliği	52
1.4.2.3. Yatırım Maliyeti	52
1.4.2.4. Yüksek Enerji Tüketimi	53
1.4.2.5. Yasal Düzenlemeler ve Regülasyonlar	54
1.4.2.6. Uygulama Zorlukları	54
2. BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	56
2.1. Blokzinciri Teknolojisi Vaka Analizi (Case Study) İncelemesi	56
2.1.1. IBM ve Maersk Ortaklığında Geliştirilen TradeLens Platformu Vaka Analizi İncelemesi	57
2.1.2. Walmart Vaka Analizi İncelemeleri	58

2.1.3. IBM Gıda Güvenilirliği (Food Trust) Vaka Analizi İncelemeleri ..	59
2.1.4. Diğer Vaka Analizi İncelemeleri.....	61
2.2. Blokzinciri Mimarisi İle İlgili Ele Alınan Çalışmalar	67
2.2.1. Bitcoin	69
2.2.2. Ethereum	70
2.2.3. Hyperledger	73
2.2.4. Ripple	74
2.2.5. Corda	75
2.2.6. Microsoft Azure	76
2.2.7. NEO.....	77
2.2.8. Stratis.....	77
2.3. Blokzinciri Teknolojisinin Tedarik Zinciri Açısından Ele Alınan Çalışmalar.....	78
3. BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN 3PL İŞLETMELERDE KULLANIMI İÇİN KALİTE FONKSİYON YAYILIMI (KFY) UYGULAMASI.....	85
3.1. Araştırmanın Amacı.....	86
3.2. Araştırmanın Metodolojisi	87
3.2.1. Araştırma Soruları	89
3.2.2. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemi	90
3.2.3. Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) Yöntemi	92
3.2.3.1. Kalite Evi ve Kurulum Aşamaları	93
3.3. 3PL İşletmelerine Blokzinciri Teknolojisi Uygulanması İçin Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) İle Kalite Evi Tasarımı	95
3.3.1. Aşama 1: 3PL İşletmeleri İçin Müşteri Gereksinimlerinin Belirlenmesi ve AHP Yöntemi Uygulanması.....	96

3.3.2. Aşama 2: Blokzinciri Teknolojisinin Fonksiyonellik Açısından Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi ve AHP Yöntemi Uygulanması	102
3.3.3. Aşama 3: Teknik Özellikler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi ve Korelasyon Matrisinin Oluşturulması.....	104
3.3.4. Aşama 4: 3PL Müşteri Gereksinimleri ile Blokzinciri Teknolojisi Teknik Özellikleri Arasındaki İlişki Matrisinin Belirlenmesi	109
3.3.5. Aşama 5: Planlama Matrisinin Oluşturulması ve Müşteri Gereksinimleri Referans Değerlendirmesi.....	120
3.3.6. Aşama 6: Teknik Özellikler Referans Değerlendirmesi.....	125
SONUÇ	132
KAYNAKÇA.....	145
ÖZGEÇMİŞ	164

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1: 3PL Müşteri Gereksinim Ana Kriterleri ve Grup Kararları	98
Tablo 2: Ana Kriterleri Karşılaştırma Matrisi	98
Tablo 3: Normalize Edilmiş Ana Kriter Karşılaştırma Matrisi	98
Tablo 4: 3PL Müşteri Gereksinimleri Ana Kriterlerine Ait Alt Kriterler	99
Tablo 5: Dijital Dönüşüm Stratejisi Normalize Edilmiş Alt Kriterlerinin Karşılaştırma Matrisi.....	100
Tablo 6: Verimlilik Artışı Normalize Edilmiş Alt Kriterlerinin Karşılaştırma Matrisi	100
Tablo 7: Tedarik Ağında İlişki Yönetimi Normalize Edilmiş Alt Kriterlerinin Karşılaştırma Matrisi.....	101
Tablo 8: KFY 3PL Müşteri Gereksinimleri Önem Ağırlıkları ve Yüzdeleri..	101
Tablo 9: Normalize Edilmiş Teknik Özellikler Karşılaştırma Matrisi	103
Tablo 10: Blokzinciri Teknolojisi Teknik Özellikleri	104
Tablo 11: İlişki Matrisinin Derecelendirilmesi ve Kullanılan Semboller	110
Tablo 12: 3PL Müşteri Gereksinimleri İle Blokzinciri Teknolojisi Teknik Özellikler İlişki Matrisi	111
Tablo 13: Blokzinciri Teknolojisi Özellikleri Teknik Önem Dereceleri.....	120
Tablo 14: Blokzinciri Teknolojisi Özellikleri Teknik Önem Dereceleri.....	121
Tablo 15: Teknik Özelliklere Göre Referans Teknoloji Değerlendirmesi	126

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Merkezi, Merkezi Olmayan ve Dağıtık Yapılar	6
Şekil 2: Blokzinciri Yapısı	8
Şekil 3: Blokzincir Yapısı ve Çalışma Prensipleri.....	11
Şekil 4: Blokzinciri Uygulama Alanları	12
Şekil 5: Blokzinciri Teknolojisinin Geleceği	13
Şekil 6: Tedarik Zinciri Süreçlerinde Blokzinciri Uygulaması	39
Şekil 7: Kalite Fonksiyon Yayılımına Ait Kalite Evi Tasarımı.....	94
Şekil 8: Müşteri Gereksinimleri ve Önem Seviyeleri Matrisi	97
Şekil 9: Müşteri Gereksinimlerinin Teknik Özelliklere Dönüştürülmesi.....	102
Şekil 10: Teknik Özellikler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi ve Korelasyon Matrisi	105
Şekil 11: KFY Kalite Evi İlişki Matrisi Formülleri.....	110
Şekil 12: Kalite Evi Planlama Matrisinde Kullanılan Formüller.....	121
Şekil 13: Müşteri Gereksinimine Göre Referans Değerlendirmelerinin Radar Diyagramında Gösterimi.....	123
Şekil 14: Teknik Özelliklere Göre Referans Teknoloji Değerlendirmelerinin Radar Diyagramında Gösterimi	126
Şekil 15: Blokzinciri Teknolojisi İçin Tasarlanan Kalite Evi.....	130

KISALTMALAR LİSTESİ

AHP	: Analitik Hiyerarşı Prosesi
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DLT	: Dağıtık Defter Teknolojisi (Distributed Ledger Technology)
EDI	: Elektronik Veri Değişimi (Electronic Data Interchange)
ERP	: Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning)
KFY	: Kalite Fonksiyon Yayılımı
MRP	: Malzeme İhtiyaç Planlaması (Material Requirements Planning)
RFID	: Radyo Frekansı ile Tanımlama

ÖNSÖZ

Tedarik zinciri sürecine dahil olan her bir katılımcının amacı, en doğru bilgiyi zincirdeki diğer katılımcılara aktarmak ve bu sayede tedarik zincirinde optimum arz ve talep dengesini sağlamaktır. Ayrıca tedarik zincirinin stratejik amaçlarını gereksiz stokları ortadan kaldırmak, tedarik ağı ilişkilerini doğru yönetmek, üretim sayesinde müşteriye yanıt verebilirliği artırmak, doğru ve güvenli ürün teslimi ile müşteri memnuniyetini sağlamak ve ürünü üretim noktasından tüketim noktasına kadar doğru zamanda ve minimum maliyetle teslim etmek şeklinde sıralayabiliriz.

Ele alınan tez çalışmasında, klasik veritabanı teknolojilerine karşın merkeziyetsizlik ve dağıtık defter teknolojisi özellikleriyle blokzinciri teknolojisinin söz konusu tedarik zincirinin amaçları ve müşteri gereksinimleri üzerinde çözümler sunacağı düşünülmektedir. Bu yüzden, çalışma kapsamında blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri ve lojistik sektöründe kullanılmasına yönelik uygun metodoloji yöntemleri kullanılarak araştırmalar ve analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sektörel anlamda blokzinciri teknolojisinin uygulanması için yol gösterici bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

Son olarak, uzun ve zorlu bir süreç olan doktora tez çalışmam kapsamında her zaman desteğini hissettiğim eşime sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca tez çalışmamın planlanmasında, yürütülmesinde ve diğer tüm süreçlerinde kıymetli bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Berna TEKTAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Gökhan KIRBAÇ

İZMİR – 2020

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 tedariklerinde 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 blokzinciri (blockchain) teknolojisinin potansiyel kullanım ve uygulama alanlarının lojistik ve tedarik zinciri performansının

artırımının sağlanması ve iş akışlarını yeni bir boyuta getirmesi için hem kavramsal hem de uygulama açısından incelenmesidir. Blokzinciri teknolojisi işlemlerin kaydedilmesi ve varlıkların bir ağda izlenme sürecini kolaylaştıran, paylaşılan ve dağıtık bir kayıt şeklindedir. A'dan B'ye herhangi bir aracı olmaksızın kripto para transferi sağlanmasının yanında birçok farklı çözümler de sunulmaktadır. Blokzincir teknolojisi, tek bir noktadan işlemlerin yapılmasına imkân verirken, işlem masrafları ve süre açısından da önemli tasarruflar sağlamaktadır. Blokzinciri teknolojisi ilk olarak finans sektöründe çıkmış olmasına rağmen kavram kanıtlama sürecini tamamladıktan sonra şuan için kendisine diğer birçok sektörlerde de uygulama alanı bulmaktadır. Uygulama alanlarının her geçen artması ve blokzinciri teknolojisinin kullanımına dair farkındalığın çoğalması bu teknolojinin önemini daha da artırmaktadır. Bunun neticesi olarak hem sektörel anlamda hem de kurumsal anlamda bir blokzinciri 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 tez çalışması tedarik zinciri ve lojistik sektörlerinin blokzinciri teknolojisinden beklentileri ve uygulama aşamaları üzerinde kurgulanmıştır.

Bu aşamayı özetlemek gerekirse blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri performansının artırılmasıyla iş akış süreçlerinin iyileştirilmesi konularında mevcut süreçlere ve sistemlere göre daha güvenilir ve daha maliyet avantajlı bir sistem olacağı düşünülmektedir. Çalışmada blokzinciri ile ilgili vaka analizlerine, uygulamalara, araştırmalara ve somut ürünlere de yer verilmiştir. Söz konusu bu vaka analizleri ve uygulamalar birbirleriyle karşılaştırılarak güçlü ve zayıf yönleri analiz edilmiştir. Ardından blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri ve lojistik sektörlerinde kullanılmasına yönelik kapsamlı bir literatür taraması yapılmıştır. Söz konusu bu alan yazın taraması çalışmamızın teorik ve kavramsal çerçevesini oluşturmaktadır. Son olarak uygun metodoloji yöntemleri kullanılarak araştırmanın uygulama ve analiz kısmı gerçekleştirilmiştir. Araştırma kısmının detayları ve aşamaları bundan sonraki kısımda sırasıyla açıklanmıştır.

Araştırma kapsamında öncelikle blokzinciri teknolojisinin teknik ve teknolojik tarafında bulunan ve bu alanında çalışma, araştırma ve ayrıca üretim yapan sektörde söz sahibi taraflar ile blokzinciri teknolojisinin fonksiyonellik açısından teknik özellikleri hakkında derinlemesine yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Teknik özellikler mevcut literatür, sektörel kaynaklar, teknolojik uygulamalar göz önünde bulundurularak daha önceden belirlenmiştir. Bu kapsamda belirli kriterler çerçevesinde blokzinciri teknolojisinin teknik özellikleri alanında uzman birçok kişinin görüşü alınarak araştırma kapsamında kullanılmak üzere toplanmıştır. Belirlenen mevcut özelliklere daha sonradan görüşmeler neticesinde uzman görüşleri de dahil edilmiştir.

Bununla birlikte, tedarik zinciri ve lojistik faaliyetlerin yerine getirilmesinde kritik rol oynayan üçüncü parti lojistik (3PL) hizmet sağlayıcılar araştırmanın uygulama açısından temelini oluşturmaktadır. Üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcılar tedarik zinciri ve lojistik faaliyetlerin temelini oluşturan taşımacılık, depolama, ambalajlama, sipariş işleme, elleçleme, envanter yönetimi, vb. birçok faaliyeti yerine getiren işletmelerdir. Bu faaliyetler yerine getirilirken taraflar arasında veri, ürün ve para akışı gerçekleşir. Çalışmamız kapsamında üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcılar tüm bu süreçleri ve faaliyetleri gerçekleştirirken bir müşteri olarak gereksinimlerinin ve beklentilerinin neler olduğu mevcut literatürden ve sektörel kaynaklardan yararlanılarak belirlenmiştir. Bu işletmelerin gereksinim ve

beklentilerinin sağlanılmasında blokzinciri teknolojisinin rolü üzerinde çalışmalar yapılmış ve ayrıca blokzincirin hangi teknik özelliği ile söz konusu gereksinim ve beklentilerin karşılanacağına yönelik sektörün büyük bir bölümüne hizmet veren birçok üçüncü parti lojistik hizmet sağlayıcı firmalar ile derinlemesine yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler neticesinde müşterinin sesi şeklinde elde edilen 3PL müşteri gereksinimleri daha önceden belirlenen gereksinimlerine dahil edilmiştir.

Son olarak çalışmada uygun metodoloji yöntemleri kapsamında hem 3PL müşteri gereksinimleri önem ağırlıkları ile hem de blokzinciri teknolojisi önem ağırlıklarının belirlenmesinde deterministik Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) uygulanmıştır. Ardından elde edilen önem ağırlıkları ve veriler ile literatürde ürün ve hizmet tasarımında yaygın bir şekilde kullanılan Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) yöntemi ile blokzinciri teknolojisinin 3PL işletmelerinde kullanılmasına yönelik özgün bir Kalite Evi (House of Quality) tasarlanmıştır. Özetle, bu çalışma ile her geçen gün önemi vurgulanan ve hızla gelişen blokzinciri teknolojisinin lojistik ve tedarik zinciri iş akışlarının yerine getirilmesinde kullanılmasına yönelik hem akademik açıdan hem de uygulama açısından katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Ayrıca blokzinciri teknolojisinin lojistik ve tedarik zincirini özellikle şeffaflık ve izlenebilirlik açısından nasıl etkilediğini incelemek amacıyla teorik bir çerçeve ve terminolojinin oluşturulmaya çalışıldığı tanıtıcı niteliğe sahip bir çalışma olarak değerlendirilebilecektir.

1. 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 imkan 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.

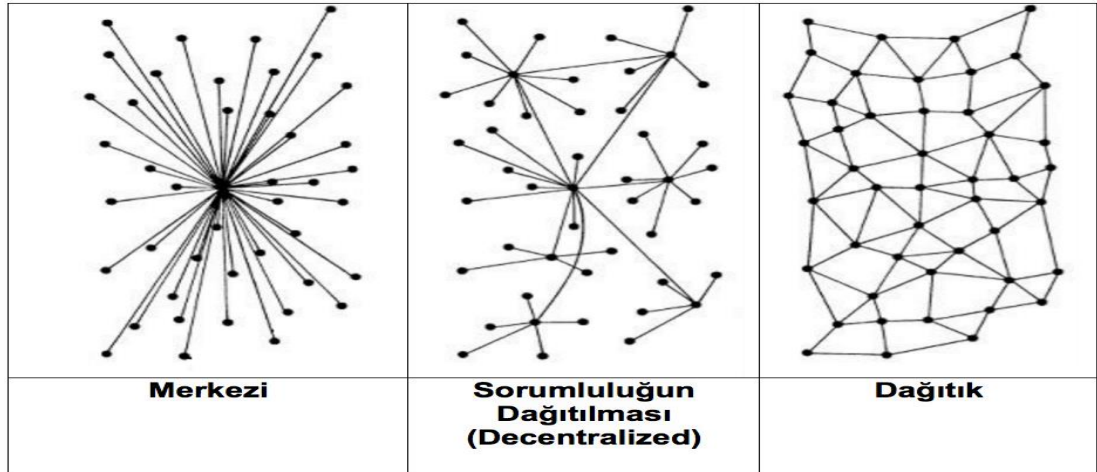
Küresel anlamda Endüstri 5.0 dönemini yaşadığımız bilgi toplumu içerisinde bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızlı değişimi dünyayı daha yoğun bir şekilde teknoloji odaklı hale getirmiştir ve bu durum bize endüstriyel anlamda yeni bir düşünme biçimini tasarlamamızı gerekli kılmıştır. Blokzinciri teknolojisi 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 teknolojide olduğu gibi, blokzincirinde de kavram kanıtlaması süreci tamamlanmış ve deneysel süreçlerin pilot ve uygulama aşamalarına, bu uygulamaların da nihai ürüne dönüştürülmesi sürecine geçilmiştir. Ayrıca blokzinciri 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 blokzinciri 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 imkan 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 blokzinciri 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).

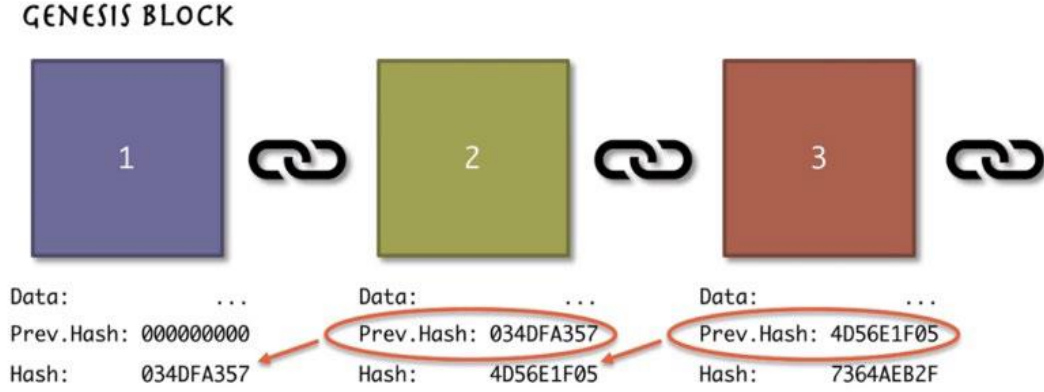
Blokcinciri, dağıtık yapıdaki doğrulama yöntemi ve güvenli bir şekilde veri depolayabilme imkanıyla, araç ve gayrimenkul gibi değerli varlıkların kaydından, diploma ve tapu gibi önemli belgelerin dijital olarak tutulmasına, değerli finansal belgelerin yönetilmesine, yerel veya genel tüm seçimlerin gerçekleştirilebilmesine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

Bir başka ifadeyle bu teknoloji, birbirlerini tanımayan ya da tanısalar bile aralarında bir güven ilişkisi olmayan tarafların hiçbir şekilde aracı bir kuruma ihtiyaç duymadan karşılıklı olarak işlemlerini gerçekleştirebilmelerine imkan 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 blokcinciri 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 blokcinciri 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 blokcinciri 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 değer oluşacağı belirtilmiştir. Bu raporda blokzincirin piyasa büyüklüğünün 2030 yılına gelindiğinde 3.1 trilyon dolar seviyelerine ulaşacağı öne sürülmüştür (İlkbahar, 2019).

Bir diğerküresel 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 blokzincirin yakın zamanda tüm sektörler için kullanım alanı bulacağı ve işletmelerin bu teknoloji ile ilgili sistematik bir dönüşüm sürecine girecekleri söylenebilir.

Kuşkusuz blokzinciri alanında çalışmalar ve araştırmalar yapan dünyanın en güçlü araştırma şirketlerinden birisinin de *Deloitte* olduğunu söyleyebiliriz. *Deloitte* 2019 yılında yayınladığı küresel blokzinciri 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 blokzinciri teknolojisinin kullanım alanlarını ve yaygınlığını vurgulayan önemli bir gelecek vizyonu oluşturmuştur. Ankete katılanların çoğunluğunu bilgi teknolojileri yöneticilerinin oluşturduğu katılımcıların %53’ü işletmeleri için blokzinciri teknolojisinin ilk beş stratejik öncelikleri içerisinde yer aldığını belirtirken, katılımcıların %27’si ise blokzinciri teknolojisinin işletmeleri için önemli olduğunu ancak bu teknolojinin ilk beş stratejik öncelikleri içerisinde yer olmadığını 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).

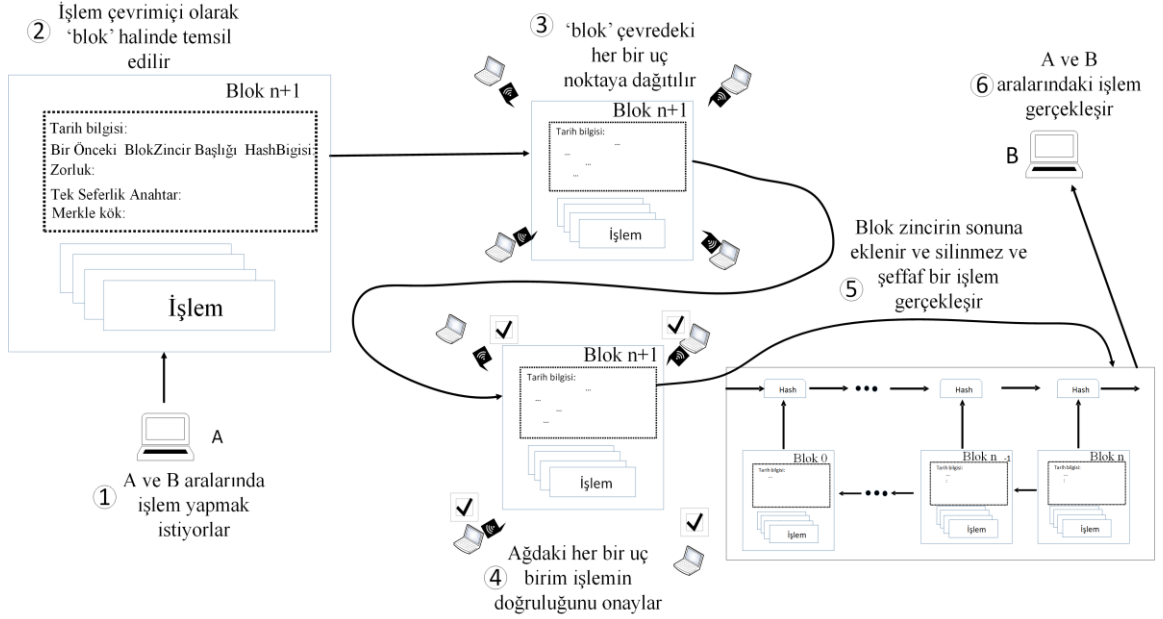
Finans dışındaki diğer sektörlerde blokzinciri teknolojisinin bilinirliği ve gelişimi büyük ölçüde deneysel bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu teknolojinin finans sektörü haricindeki en kapsamlı uygulamalarının ve çalışmalarının tedarik zinciri, enerji, gıda, kamu sektörü, sigorta ve tarım alanlarında yapıldığı görülmektedir. Kuşkusuz bahsedilen bu sektörler blokzinciri teknolojisinin uygulanması açısından çok uygundur. Söz konusu potansiyel endüstriyel kullanım olanaklarına bakıldığında neredeyse bütün sektörler blokzinciri tabanlı somut ürünlerin ve uygulamaların geliştirilmesinin kısa süre içerisinde gerçek yatırım getirisi sağlayacağını düşünmektedir (Bünger, 2017).

Genel anlamda blokzinciri teknolojisi tüm endüstriler için potansiyel etkilere sahiptir. Bu nedenle son dönemde blokzinciri 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 blokzinciri anlamak amacıyla kendi prototip teknolojilerini oluşturmaya başlamışlar (Deloitte, 2017: 1).

Akademik açıdan mevcut literatüre bakıldığında çok kısa süre önce alan yazınında blokzinciri 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 blokzinciri 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 bakıldığı 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



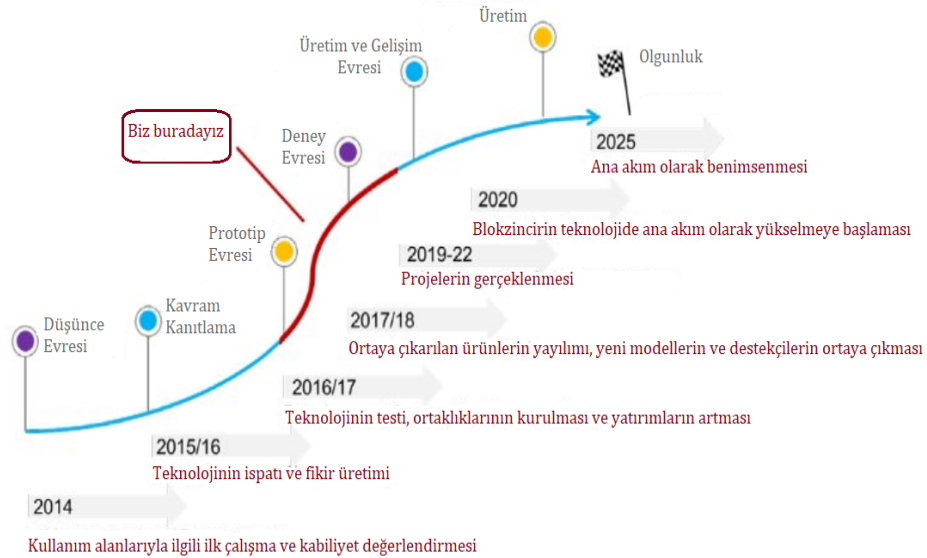
Kaynak: Venkat, 2018.

Blokzincirin kendi kavram kanıtı sürecini tamamlamasının ardından blokzinciri tabanlı proje ve uygulamalar geliştirmek için kullanılacak 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 Doğantekin, 2017). Ayrıca bir diğer teknoloji şirketi Microsoft Azure üzerinde blokzinciri platformunu bir servis olarak sunmaya başlamıştır. Öncelikli olarak IBM ve Oracle ardından da SAP ve Microsoft gibi küresel teknoloji şirketleri de blokzinciri teknolojisine önemli oranda yatırım yapan ve üzerinde araştırmalar gerçekleştiren şirketlerdir.

Blokzinciri 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. Blokzincirin küresel iş akışlarında izlenebilirlik, şeffaflık ve daha iyi koordinasyon oluşturarak iş dönüşümünü sağlama ve sürdürülebilirliği artırma potansiyeli üzerine yapılan birçoğk araştırma mevcuttur. Ayrıca bu teknolojinin kullanım yaygınlığı arttııkça taraflar arasındaki işlem maliyetlerinin azalabileceği öngörülmektedir (Iansiti ve Lakhani, 2017).

Şekil 5: Blokzinciri Teknolojisinin Geleceği



ref: <http://www.businessinsider.com/bitcoin-technology-blockchain-only-halfway-through-its-evolution-2018-1>

Kaynak: TÜBİTAK BİLGEM

Her yeni teknolojide olduğu gibi blokzincirin düşünce ve kavram kanıtlamayla fikir üretimi evrelerinin tamamlandığını söyleyebiliriz. Günümüzde birçok farklı teknoloji şirketlerinin blokzinciri 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 blokzincirin ana akım olarak benimsenmesi beklenmektedir. Şekil 5'te blokzinciri teknolojisinin ortaya çıkışından başlayarak yakın gelecekteki gelişim evreleri ve hangi boyutlara ulaşacağı gösterilmiştir.

1.1. Blokzinciri Teknolojisinin Teknik Özellikleri

Blokzincirin 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 imkan 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 itibariyle 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 blokzinciri 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 olabileme 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 blokzinciri 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).

Blokzinciri 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)

Blokzinciri teknolojisinin yapısı dağıtık veritabanı şeklindedir ve bu veritabanı düğümler içerisinde dağıtık bir biçimde yer alır. Bu sistem içerisindeki düğümler bütün veritabanına erişilebilir ancak burada tek bir düğümün blokzinciri içerisinde

depolanan verilerini kontrol edemez. Zincirdeki her bir yeni kayıt ya da işlem herhangi bir aracıya gerek duymadan yapı içerisindeki bütün düğümler tarafından doğrulanır. Blokzincirin mimari yapısı katılımcıların her bir işlem gerçekleştirmesinde eşler arası çoğaltma şeklinde oluşturulan bir defteri paylaşmasına imkan 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 gerçekleşebilecek olan beklenmedik müdahaleler engellenmiş olur. Bununla birlikte dağıtık veri tabanı 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 tanması 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 yapıli 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 dönüştürülmektedir (Ticaret Bakanlığı, 2019).

1.1.1.2. Dijital Kimlik (Digital ID)

Blokzinciri teknolojisinin hem teknik özelliklerine hem de sağladığı avantajlara bakıldığında güvenilir dijital kimlik yönetim sistemlerinin geliştirilmesinde teknolojik bir araç olarak kullanılabilceği 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 blokzinciri teknolojisinin bilgilerin doğruluğunun ve erişim kanıtlarının tutulması için kullanılabilceği düşünülmektedir. Bu bilgilerin yetkisiz bir şekilde elde edilmesini engellemek için de kişisel verilerin bir kısmının blokzinciri ağında saklanması, diğer kısımlarının ise başka sistemlerde ya da blokzincirinde verilerin ispatları, özetleri, şifreli hallerinin tutulması şeklindeki stratejiler kullanılabilir (Blockchain Türkiye Platformu, 2019: 22).

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

Blokzincirin bireylere sunduğu bu özgürlük ve kontrol imkanının dijital kimlikler üzerinde kullanılmasıyla bir değiş tokuş aracına dönüşen Bitcoin gibi dijital paralar çok popüler olmuştur. Ayrıca blokzinciri 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 imkan 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 oluştunu söyleyebiliriz. Ağdaki kullanıcılar herhangi bir otoriteden izin almaya gerek duymadan verilere ait işlemleri gerçekleştirebilirler.

Blokzinciri 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 gerçekleştirilmişt olur. Bununla birlikte sorumluluk konusunda güçlü bir istek ve desteğin olduğu ülkelerde, dağıtık defter teknolojisinin belirgin bir şekilde kullanılacağı düşünölmektedir. Bu sayede blokzincirin kullanılması neticesinde kapsamlı denetim sistemleriyle daha fazla hesap verebilirlik sağlanır ayrıca belgeler ve ödemelerle ilgili sahtekarlığın azaltılmasına yardımcı olunacağı düşünölmektedir (Hileman ve Rauchs, 2017: 17).

Blokzinciri teknolojisi, sadece gelişmiş denetim veya hesap verebilirlik sunmaktan çok daha fazlasını yapabilir. Bu teknoloji iş modellerini, insan merkezli bir güven mekanizmasından daha öncesinde görölmeyen risklerle karşılaşılabilecek 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 blokzinciri teknolojisinden faydalanabilirler (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-Huumo ve diğerleri, 2016).

Blokzinciri yapısı içerisindeki 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 imkanını 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 blokzinciri teknolojisi gündeme gelmeden önce bu sistemin uygulanması teknik açıdan mümkün değildi. Kısa süre içerisinde blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşme kavramını desteklemek adına uygun bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte akıllı sözleşme kavramının da blokzinciri 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 blokzinciri yapısında bulunan bir programın parçalarından oluşan sistemdir. Akıllı sözleşmelerin özelliklerini şu şekilde belirtebiliriz (Mohanta ve diğerleri, 2018):

- Akıllı sözleşmeler, blokzinciri 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, aracsız 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 imkan 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 blokzinciri 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 blokzinciri teknolojisi ve akıllı sözleşmeler, fiziki müdahalenin en aza indirilmesi, şeffaflığın artırılması ve vekalet maliyetinin kontrol edilmesinde önemli katkılar sağlayacaktır (Avdza, 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 üretim bütün süreçleri ve katılımcıları tarafından takip edilebilir ve izlenebilir olması son derece önemlidir. Blokzinciri 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. deme 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 demeler 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 Őartların 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. Blokzinciri 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 blokzinciri 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, blokzinciri 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 blokzincirin 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 kaynakta 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 teknolojisinin 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)

Blokcinciri teknolojisi için dağıtık defter teknolojisinin 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).

Blokcinciri 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).

Blokcincirin 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 imkanına 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.

Blokcincirin 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.

Blokzinciri 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).

Blokzincirin, 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 blokzinciri 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).

Blokzinciri 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 blokzinciri üzerinde gerçekleştirilip teslim aşamasından sonra ödemeler otomatik bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu gibi işlemlerin takibi blokzinciri ile her aşamada taraflar arasında şeffaf olarak izlenebilir. Sistemdeki taraflardan birinin kayıtları silmesi mümkün değildir (Watanabe ve diğerleri, 2015).

Blokzincirin 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 blokzinciri 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 blokzinciri ile tasarlanmıştır (Abeyratne ve Monfared, 2016).

Diğer bir çalışmada blokzinciri teknolojisinin temel tedarik zinciri performansının sağlanması için gerekli olan maliyet, kalite, hız, güvenlik, risk azaltma, sürdürülebilirlik ve esneklik gibi kavramları nasıl etkilediği araştırılmıştır. Blokzincirin kullanılmasıyla tedarik zinciri işlemlerinde şeffaflık ve hesap verebilirlik kavramlarının artırılması amaçlanmıştır. Örnek olay çalışmalarından blokzinciri tabanlı çözümlerin nesnelere 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.

Blokzinciri 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 blokzinciri 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).

Blokzincirindeki 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 blokzincirindeki 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 blokzinciri ağının fayda sağlayan en önemli mimari özelliklerinden birisidir.

Blokzinciri 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 blokzinciri güvensiz bir mekanizma haline getirirdi. İşte bu sebeplerden dolayı zincirdeki verilerin değişmez oluşu blokzinciri teknolojisinin sürdürülebilirliğini sağlamaktadır. Blokzincirin sunduğu bu değişmezlik özelliği dijital kimlik ve doğrulama, tapu, sigorta, sağlık ve gayrimenkul gibi birçok alana çözümler getirecektir.

Blokzincirinde 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 blokzinciri yapısının değişmezlik özelliğinin kullanılmasıyla mümkün olacağı düşünülmektedir (Güven ve Şahinöz, 2018).

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

Birçok katılımcının bulunduğu blokzinciri 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 önerebildiği bir fikir birliği yapısı mevcuttur. Bu yapının dijital ortamda bulunması fikir birliği mekanizmasının yazılım tarafından doğrulanmasını gerektirir ve bu aşamada blokzinciri teknolojisi çözüm sunabilir (Usta ve Dağtekin, 2017).

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

Mutabakat algoritması blokzincirindeki bir sonraki bloğun gerçekliğini sağlar. Ağın gereksiz bilgilerle kirlenmemesini sağlar ve zincirin istem dışı çatalanmasını 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) yapıları 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 birsine 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 imkansız 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, rn veya hizmet için bir efor sarf edildiğini kanıtlar. Bu sistemde madencinin bütün blokları analiz edip doğrulayabilecek kadar güçlü cihazları elinde bulundurması gerekir. Bu durum da yüksek miktarda enerji tüketimi gerektirir. Madencinin güçlü grafik kartlarına, belirli özel bir iş için tasarlanmış tümleşik devrelere (ASIC) ve güçlü işlemcilere ihtiyacı vardır. Bu güçlü cihazlar ile madencinin blockzincirin daha önce oluşturulmuş zorluk seviyesine bağlı olarak oluşturulan matematiksel algoritmayı çözmesi ve bulunan çözümü zincir yapısına eklemesi beklenir (Usta ve Dağtekin, 2017).

Hisse Kanıtı kavramı ise yeni ilave edilen blokları doğrulamak ve dağıtık fikir birliği sistemine erişmek için kullanılan bir diğer yöntemdir. 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 değiştirilmesi engellenir. Kriptolojide kullanılan Güvenli Hash Algoritması (Secure Hash Algorithm – SHA) dışarıdan gelen müdahalelere karşı son derece hassas bir sistemdir. Bloklarda gerçekleşen küçük bir değişiklik sonucunda özetin hepsi değiştirir 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 blokszincirindeki 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 blokszinciri teknolojisinin de teknik anlamda mimarisini oluşturur. Sonuç olarak blokszinciri 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, toplamları (*hash sums*) ve kontrol toplamları (*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 tedariklerinden 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 işbirliğinin 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 blokzinciri 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 (tedarikçiden müşteriye) 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 blokzinciri 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 imkan 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 Rüşch, 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 blokzinciri teknolojisinin sahip olduğu özelliklerle tedarik zinciri süreçlerindeki bu gibi birçok soruna çözüm sunacak potansiyelde olduğu görülmektedir.

Birçok bloğun sıralanması ile birlikte oluşmuş olan bu teknoloji, zincir üzerindeki bütün işlemleri özel kriptografik bir şifreleme ve doğrulama mekanizmasıyla güvenli bir şekilde kaydedebilmektedir. Bu yüzden blokzinciri 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. Blokzinciri 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 imkan 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 blokzinciri 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, blokzinciri teknolojisi tedarikçiler arasında güven oluşturmaktadır. Ayrıca bu sayede aracı denetçileri ortadan kaldırarak verimlilik artışı sağlanıp maliyetler düşürülebilir.

1.3. Blokzinciri 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 tanımı 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 ulaştırılıncaya 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 aracılara 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 blokzincirinin tedarik zinciri yönetimine şeffaflık, izlenebilirlik, güvenlik, dolandırıcılığın önlenmesi, denetlenebilirlik, ürün güvenliği, karşı taraf riskinin azaltılması gibi konularda da önemli katkılar sağlayacağı görülmektedir (Villalmanzo, 2018).

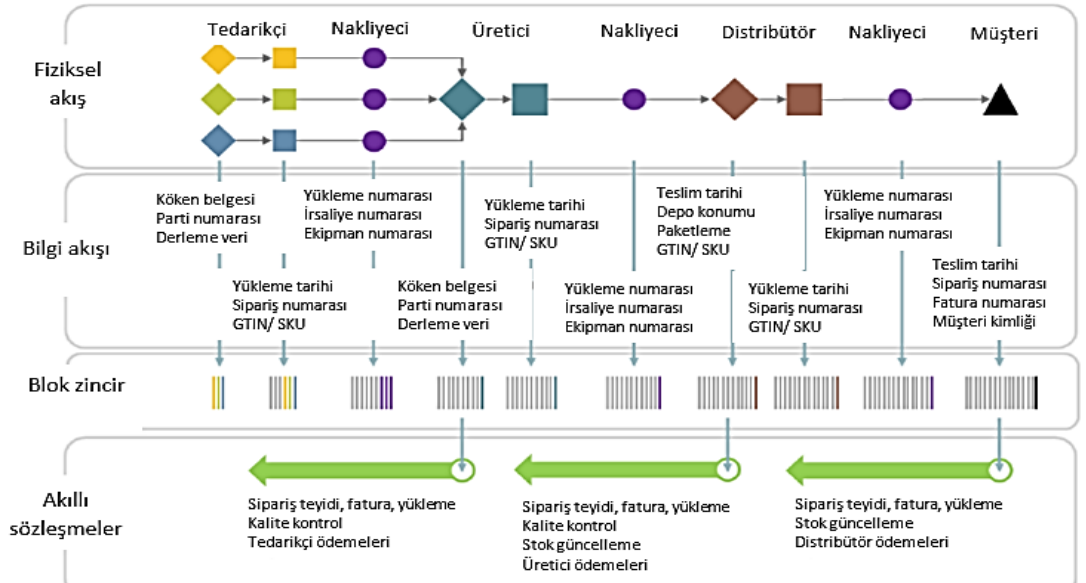
Tedarik zinciri boyunca herhangi bir ürünün lojistik süreçleri içerisinde ürünün menşeyini, rotasını, üreticisini, uygulanan işlemlerini, tedarik sürecindeki ödenen ücretleri, depolama ya da dağıtım sırasındaki ürünün ısı ve basınç seviyelerinin izlenip kontrol edilebilmesi için blokzinciri teknolojisinden 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 blokzinciri, tedarik zinciri içerisindeki paydaşlara daha hızlı yanıt verebilme, stok kontrollerini daha etkili yapabilme ve ürün geri dönüşlerini azaltma imkanı sunmaktadır. Ayrıca bunlarla birlikte dijital kimlik ve imzalar ile taraflar arasında merkezi otoritesiz yapı içerisinde veri paylaşımı ve güvenilir bir etkileşim sağlamaktadır.

Blokzinciri teknolojisi, üretim ve lojistik maliyetlerini büyük ölçüde azaltmaya, üretim süreçlerini hızlandırmaya, üretim süreçlerindeki aracılara 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 Blokzinciri Uygulaması



Kaynak: Rodrigue, 2018: 22.

Şekil 6’da blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri süreçlerinin yönetilmesinde nasıl ve hangi yapı içerisinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Söz konusu bu uygulama örneğinde fiziksel akış, bilgi akışı, blokzinciri 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 bütünü ifade etmektedir. 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.
- **Blokzinciri**, kullanılmadan önce söz konusu bilgi akışları çeşitli bilgi sistemleri, fiziksel dokümanlar ve işgücü kullanılarak yapılmaktaydı. Ancak blokzinciri 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 blokzinciri 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 blokzinciri teknolojisinin tedarik zincirine sağladığı faydaları maddeler halinde aşağıdaki şekilde açıklayabiliriz;

***Şeffaflığın Sağlanması:** Tedarik zinciri süreçlerinde yaşanan en büyük sorunlardan birisi şeffaflığın yeterince sağlanamamasıdır. Söz konusu bu durum ürünlerin tedarik zinciri boyunca takip edilebilirliğini güçleştirmektedir. Bununla birlikte blokzincirin tedarik zincirinde kullanılmasıyla ve Radyo Frekansı 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 blokzinciri 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).

Blokzinciri 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 blokzinciri 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 blokzinciri yapılarında bütün işlemler oluşturulmuş bir fikir birliği sistemiyle doğrulanmaktadır. Özel ya da izinli blokzinciri 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 yapılabilen 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 yapılabilen 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. Blokzinciri teknolojisi ürünlerin üretim merkezlerinden son tüketim noktalarına kadar olan süreci değişmezlik ilkesiyle doğru ve güvenilir bir şekilde kaydetme imkanına 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 sağlanmış 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. Blokzinciri Teknolojisine Geçište Yaşanabilecek Zorluklar

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

Blokzincirin geliştirilmesi için yeterli seviyede yazılım, bilgisayar ve bilişim bilgisinin olması son derece gerekli unsurlardır. Bu konuda blokzinciri üzerine eğitim almış ve donanımlı insan kaynağının yeterli sayıda olmayışı sistemin geliştirilmesi açısından çözülmesi gereken bir durumdur. Ayrıca blokzinciri 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 blokzinciri teknolojisinin birtakım zorluklarla karşı karşıya olduğu ve kendi yapısı içerisinde bu gibi zorluklara çözümler sunması gerektiği söylenebilir.

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

1.4.1. Teknik ve Teknolojik Zorluklar

Bu kısımda blokzinciri teknolojisine geçište 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 itibarıyla 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 blokzinciri ağına dahil edilecek olan işlem verisi azaltılmış olur (Tasatanattakool ve Techapanupreeda, 2018).

1.4.1.2. Gizlilik ve Güvenlik Sorunları

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

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

1.4.1.3. İşlem Performansı

Blokzinciri 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 itibariyle Bitcoin mimarisinde kullanılan blokzinciri platformu saniyede ortalama 7 işlem gerçekleştirebilirken, günümüzde sıklıkla kullanılan modern kredi kartı sistemlerine ait platformlar saniyede yaklaşık 8000 işlem gerçekleştirebilmektedir. Blokzinciri teknolojisinin işlem performansı noktasındaki sergilediği bu düşük performans göz önüne alındığında, blokzincirinin kullanım senaryolarına göre günümüzde halihazırda kullanılan bilişim teknolojileriyle birleştirilip entegre bir yapı içerisinde kullanılması işlem performansını arttıracığı ve belirli iyileştirmeler yapacağı söylenebilir.

1.4.1.4. Yazılım Sorunları ve Siber Saldırıları

Blokzinciri temel itibariyle oldukça yeni bir teknoloji olmasından dolayı mevcutta kullanılan blokzinciri sistemleri genelde deney ya da pilot uygulamalar şeklinde gösterilmektedir. Teknolojinin oldukça yeni olmasından kaynaklı

öngörülemeyen yazılım hatalarının olması siber saldırıların yaşanmasına ve ayrıca açık blokzinciri sistemlerinde ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Sistemler üzerinde söz konusu bu açıkların düzeltilmesi ve yeniliklerin eklenmesi için sürekli iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır. Burada genellikle açık blokzinciri 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 blokzinciri 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. Blokzinciri 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 blokzinciri sistemlerini bir arada toplamak adına bir konsorsiyum kurmuşlardır (Kuzuloğlu, 2016).

1.4.1.5. Çatallaşma (Fork)

Blokzincirinde 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. Blokzincirindeki 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 blokzinciri 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 blokzinciri ağı meydana gelir. Söz konusu bu duruma mecburi çatallaşma (hard fork) denilmektedir (Usta ve Doğantekin, 2017).

1.4.1.6. Şifreleme ve Kuantum Bilgisayarlar

Blokzinciri 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 yapıyor 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 kaldırılacaktır (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).

Blokcinciri teknolojisinin finansal açıdan kullanılmasına yönelik iş hacmi, gecikme, boyut ve bant genişliği, güvenlik, kaynak tüketimi, kullanılabilirlik, zor çatalar, çoklu zincirler ve mahremiyet gibi durumları karşılaştığı zorluklar olarak söyleyebiliriz. Bahsedilen bu teknik zorlukların blokcinciri teknolojisinin gelişmesi için birtakım sınırlamalar getirmesine rağmen blokcincirin 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 blokcincirinde 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 şuan için mümkün gözükmemektedir (Usta ve Doğantekin, 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 blokzinciri anketine (global blockchain survey) göre katılımcıların büyük bir çoğunluğu blokzinciri uygulama noktasında yasal sorunları en öncelikli engel olarak görürken, uygulama ve mevcut klasik sistemlerin dönüştürülmesindeki zorluk ile olası güvenlik riskleri bahsedilen diğer engellerdir. Ayrıca blokzinciri teknolojisinin nihai kullanıcılara ve ticari işletmelere başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için katılımcıların %41,1'i blokzincirin 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).

Blokzinciri 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 blokzincirin teknik, teknolojik, ticari, yasal, davranışsal ve uygulama açısından işletmelere entegrasyonunun sağlanması gibi konular gösterilmektedir (Villalmanzo, 2018).

Blokzinciri teknolojisinin uygun sektörlerle 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

Blokzinciri 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 blokzinciri uygulama örnekleri üzerine çalışmaları devam etmektedir. Aynı zamanda işletmelerin teknolojiyi uygulama anlamında kendi bünyelerindeki ilgili insan kaynağını blokzinciri 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. Blokzinciri İhtiyaç Analizi Eksikliği

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

Bu durumu daha da detaylandırmak gerekirse, blokzinciri yeni bir teknoloji olduğundan dolayı uygulayıcılar açısından ne gibi gereksinimlere cevap vereceği, avantajlı ve dezavantajlı yönleri, hangi işletmeler tarafından hangi blokzinciri 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 blokzinciri 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 blokzinciri platformlarının verimliliği net bir şekilde belirlenmeli ve yeterli seviyede verim sağlayacağı düşünülmeyen platformların süreçlere uygulanmaması noktasında adımlar atılmalıdır.

1.4.2.3. Yatırım Maliyeti

Blokzinciri, operasyonel maliyetleri azaltmak ve iş akış süreçlerini hızlandırmak için etkili bir araç olarak kullanılabilir potansiyele sahip bir teknolojidir. Fakat eski sistemlere yapılan yatırım maliyetleri düşünüldüğünde blokzincirin yeni bir sistem olarak yüksek bir yatırım maliyeti olduğu ve bu yüzden teknolojiyi uygulamak isteyen tarafların blokzinciri altyapısını eski sistemlerine entegre etmesinin zor olacağı söylenebilir. Blokzinciri 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 blokzinciri 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 blokszinciri

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 itibariyle bütün bu süreçlere baktığımızda işletmelerin blokzinciri 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.

2. BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

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 itibarıyla 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 teknolojiyle 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. Blokzinciri Teknolojisi Vaka Analizi (Case Study) İncelemesi

Blokzinciri 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 blokzinciri 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.

Blokzinciri teknolojisinin ekonomik değeri her geçen gün artmaktadır. Dünya Ekonomi Forumu (World Economic Forum – WEF) raporlarına göre 2013 yılında 1 milyar dolar olan blokzincirin 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 blokzinciri tabanlı bir sevkiyat çözümdür. Bu platformda veriler doğrudan kaynaktan yayımlandığı 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 blokzinciri 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 blokzinciri 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 blokzinciri teknolojisini kullanmaya başlamıştır. Bu projede IBM 2017 yılında başlattığı çalışmayla Walmart ile blokzinciri 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 blokzinciri 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 teknolojisinin 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 işbirliğinin 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). Blokzincirin 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 blokzinciri ve enerji alanında en güçlü faaliyetlerden birisi olarak görülmektedir (Merz, 2018).

Blokzinciri 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 Opperty 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 blokzinciri, 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 blokzinciri tabanlı oluşturulmuş olan uygulamalar da mevcuttur. Bir maden işletmesi olan BHP Billiton dünya üzerindeki jeolojik numunelerin kaynağını izleyebilmek adına blokzinciri 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 blokzinciri teknolojisi tabanlı bir platform üzerinde uygulama çalışmalarına başlamıştır (Graham, 2018).

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

Uygulama örneklerine ve vaka analizlerine Türkiye’den bir örnek vermek gerekirse Akbank, blokzinciri 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.

Blokzinciri 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, yönetimsel ve finansal akışların dijital platformlarda yürütülerek entegrasyonun sağlanması amacıyla blokzinciri projeleri yürütülmektedir (Angell, 2018).

Blokzinciri 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 kullanılacak 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 imkan 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 imkan sağlanması hedeflenmektedir (Dotson, 2020).

Birleşmiş Milletler bünyesindeki Ticaretin Kolaylaştırılması ve Elektronik İş Süreçleri Merkezi tarafından ticaret akımı senaryosu kapsamında gümrük işlemlerinde blokzinciri 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 CEFAC, 2018).

Blokzinciri 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 blokzinciri 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).

Blokzinciri 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 imkan vermeden blokzinciri 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

açından incelenmesi ve sağlık tedarik zinciri akışlarında yaşanan dalgalanmaların engellenmesi gibi süreçlerde çözümler sunulması planlanmaktadır (Güçlü, 2019).

Blokszinciri teknolojisiyle ilgili eğitim alanındaki yapılmış çalışmalara örnek olarak EduCTX uygulaması gösterilebilir. Söz konusu bu uygulamayla üniversite öğrencilerinin geçtikleri ders kredileri blokszinciri ağındaki bütün kurumlar tarafından depolanarak öğrencilerin başka üniversitelerde geçtikleri ders kredilerinin de blokszinciri ağında görülebilmesi sağlanmıştır. Aynı zamanda ağıdaki ilgili kullanıcılar başvuru, ders kayıt ve belge doğrulama gibi işlemleri blokszinciri 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 blokszinciri 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 blokszinciri girişimi olan Circulor 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 blokszinciri teknolojisinden faydalanacağını açıklamıştır. WWF-Avustralya ve BCG Digital Ventures şirketleri tarafından geliştirilen OpenSC blokszinciri 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 blokszinciri 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 teknolojisinin 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 blokzinciri teknolojisinin temel türleri özetlenmiştir.

***İzinsiz Blokzinciri:** Herhangi bir düğümün blokzinciri ağına dilediği zaman okuyucu veya yazar olarak dahil olabildiği ve istediği zaman ağdan ayrılabilirdiği blokzinciri türüdür. Ağ içerisindeki 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 blokzinciri yapılarında üretilen uygulamalar herhangi bir doğrulamaya ya da güvene gerek kalmadan ağ

yapısına dahil edilebilir. İzinsiz blokzinciri 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 blokzinciri uygulamalarında yetkilendirme süreci bulunmaz ve düğümlerin zincirdeki verilere erişebilme ve kaydedebilme işlemleri sınırlandırılmaz. Zincir içerisindeki her bir düğüm blokzincirine 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 blokzinciri yapılarında düğümler arasında güven açısından herhangi bir fark bulunmadığından dolayı kripto ekonomik süreçlerde uygulanan iş ispatı fikir birliği protokolleri kullanılır.

***İzinli Blokzinciri:** Bu tür blokzinciri yapılarında blok kullanıcılarının yazma ve okuma işlemlerine dahil olabilmesini 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 Doğantekin, 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 ödöl 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 imkan yoktur. Ancak 2014 yılında, araştırmacı ve kod yazarı olan Vitalik Buterin ile ekibi tarafından merkezi olmayan yapıların uygulanmasına imkan 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 imkan 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 Doğanekin, 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 genelleştirilmiş 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 itibariyle 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 blokzinciri 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 blokzinciri 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 şekilde yayınlamıştır. Ayrıca Ethereum, Microsoft şirketinin bulut çözümü olan Azure üzerinde “Blockchain as a Service – BaaS” çalışmasıyla bir servis olarak da sunulmaktadır (Usta ve Doğantekin, 2018). Ethereum platformu kullanılarak geliştirilen ve geliştirilmeye devam eden birçok farklı proje ve uygulamalarla birlikte uygulama yaygınlığının artacağı düşünülmektedir.

Blokzinciri yapısında çalışan bir akıllı sözleşmeyi, birtakım kriterler sağlandığı zaman otomatik olarak çalışan bir bilgisayar programı şeklinde tanımlayabiliriz. Bütün blokzinciri 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 imkan 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 faydalanılan 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, blokzinciriyle 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 blokzinciri 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 blokzinciri uygulamaları belirli ihtiyaçlara çerçevesinde tak-çalıştır (plug-and-play) mantığıyla dönüştürülebilmektedir (Usta ve Doğantekin, 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 blokzinciri 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 blokzinciri 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 Doğantekin, 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 blokzinciri 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 blokzinciri uygulaması olmasıyla birlikte yoğun

gizlilik durumlarında özellikle finansal açıdan işlemler gerçekleştirebilen blokzinciri ağları oluşturulmasına imkan sunmaktadır.

Conda 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 Conda 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. Conda platformunda bulunan veriler, yalnızca ilgili sözleşmeye dahil olan ve yasal açıdan sözleşmeyle ilgili verilere erişme izni olan taraflarca görülebilirler 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 blokzinciri platformundan yararlanılmıştır. Belgem.io,

herhangi bir kurumun gerçekleştirdiği eğitim, etkinlik ya da organizasyonlara katılan kişilere ait dijital sertifikaların Quorum blokzinciri üzerinde depolanması, görüntülenmesi ve paylaşılabilmesi için geliştirilmiş bir dijital belge yönetimi platformudur (Belgem.io Herkes İçin Blokzincir 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. Stratis, finans kurumlarına ve dağıtık uygulama tasarlamak isteyen firmalara yönelik blokzinciri hizmeti sunmaktadır. Burada, geliştirme platformu olarak nStratis kullanılmaktadır ve firmalar C# ve .Net yapılarını kullanarak özelleştirilmiş dağıtık uygulamalar geliştirebilir. Stratis, 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 imkan 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 eşliğinde 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 tedarikçiden 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 işbirliğinin 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 blokzinciri teknolojisinin tedarik zincirine getireceği birçok yenilik olacaktır. Tedarik zincirinde blokzinciri teknolojisinin kullanılmasıyla veri gizliliği ve güven kavramlarının da teknolojinin taraflara sunduğu fikir birliği sayesinde daha kolay sağlanabilecektir.

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

Chen (2017) yılındaki çalışmasında şuan dünya üzerinde özellikle tedarik zinciri alanında geliştirilen birçok blokzinciri 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 blokzinciri 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 blokzinciri teknolojisini kullanmanın daha fazla avantajlar ve çözümler getireceği belirtilmiştir. Ayrıca, RFID ve blokzinciri teknolojilerinin de entegre bir şekilde düşünülmesi gerektiği vurgulanmıştır (Eljazzar ve Kassam, 2018).

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

Yapılan diğer bir çalışmada, FRID teknolojisiyle blokzinciri 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 blokzinciri 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 blokzinciri 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 blokzinciri 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).

Blokzinciri 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, blokzinciri 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 blokzinciri 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. Blokzinciri teknolojisi de tedarik zincirindeki söz konusu sorunların çözümü için bütün işlem kayıtlarının güven altına alınmasını sağlamaktadır (Casado ve diğerleri, 2018).

Blokzinciri teknolojiyle 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 blokzinciri 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 blokzinciri teknolojilerinin uygulama alanlarından birisi de tedarik zinciri yapılarıdır. Blokzinciri teknolojiyle 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 izlenebilirliği üzerine yapılan bir çalışmada blokzinciri 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 blokzinciri geliştiricileri ile birlikte ilaç sektöründeki tedarik uygulamalarının tasarlanması için birlikte çalışılacağını açıklamıştır. Geliştirilen blokzinciri uygulamasıyla ilaçların tedarik zinciri boyunca hareketleri izlenerek şeffaflık sağlanacaktır (Mansfield, 2017).

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

Akıllı sözleşmeler tedarik zinciri alanında blokzinciri teknolojiyle birlikte daha da yaygın bir şekilde kullanılabilir. 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 geçmişi yapısıyla 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 blokzinciri teknolojisiyle uyumlu ve entegre bir şekilde olması durumunda geliştirilecek blokzinciri ekosistemlerinin daha verimli ve katma değerli olacağı belirtilmiştir.

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

Blokzinciri 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 teknolojinin değer zinciri üretimini geliştirerek teknoloji ile entegre bir kullanım sağlayıp sektörlerin ve uygulama alanlarının dijitalleşmesinde etkili bir rol üstleneceği belirtilmiştir.

3. BLOKZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN 3PL İŞLETMELERDE KULLANIMI İÇİN KALİTE FONKSİYON YAYILIMI (KFY) UYGULAMASI

Araştırma kapsamında ele alınan kapsamlı literatür incelemesinin ardından blokzinciri teknolojisinin işletmelerin tedarik zinciri süreçlerine ne gibi çözümler getireceği ve ne şekilde etkileyeceği üzerinde çalışmalar ve araştırmalar yapılmıştır. Bu bölümde öncelikle kaynak alınacak ve sonradan geliştirilecek olan öneriler ve analizler mevcut literatüre atıf yapılarak açıklanmış ardından literatüre ilave edilebilecek teorik ve kavramsal bir çerçeve belirlenmiştir. Bu kapsamda blokzinciri teknolojisinin sektördeki farkındalık seviyesinin ve uygulanma durumlarının görülmesi için tespitler yapılmıştır. Sonrasında çalışmaya uygun olacak şekilde metodoloji yöntemleri belirlenmiştir.

Bu kapsamda araştırma kısmında izlenecek yöntemleri ve yol haritasını özetlemek gerekirse, öncelikle araştırmanın amacı, soruları ve özgünlüğü açıklanmıştır. Çalışmanın metodolojisi kısmında ise literatürde ürün ve süreç tasarımında yaygın bir şekilde kullanılan “Kalite Fonksiyon Yayılımı – KFY (Quality Function Deployment – QFD)” yöntemi uygulanmıştır. KFY kapsamı içerisinde 3PL işletmelerin blokzinciri teknolojisini kullanmasına dair kalite evi (house of quality) tasarlanmıştır. Ardından metodoloji kısmında 3PL işletmeleri müşteri gereksinimleri ile blokzinciri teknolojisinin fonksiyonellik açısından teknik özelliklerine ait önem ağırlıklarının belirlenmesi için ikinci bir yöntem olarak Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) içerisinde Deterministik Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process – AHP) yöntemi uygulanmıştır. Son olarak, uygulanan yöntemlerden elde edilen veriler ve sonuçlar neticesinde öncelikle literatüre ve ardından blokzinciri teknolojisi alanı ile sektöre dair bulgular ve önerilerde bulunulmuştur.

3.1. Araştırmanın Amacı

Genel olarak araştırmanın amacını özetlemek gerekirse, internet teknolojisinin ilk ortaya çıktığı yıllarda yıkıcı bir akım olarak günümüzdeki hızlı gelişiminin ve kullanım yaygınlığının bu seviyelere gelebileceğini tahmin etmek mümkün değildi. Aynı durum şuan yıkıcı bir teknoloji olarak adlandırılan blokzinciri teknolojisi için de söylenmektedir ve gelişim sürecinin uygulama açısından hangi boyuta ulaşacağı net bir şekilde bilinmemektedir. Bu aşamada blokzinciri teknolojisi açısından kapsamlı bir uygulama alanı olarak görülen tedarik zinciri alanında faaliyet gösteren işletmelerin blokzinciri teknolojisine dair bilgi eksikliklerinin olması ve teknolojinin iş süreçlerine uygulanmasına dair bir yol haritalarının bulunmaması göz önünde bulundurulması gereken diğer önemli bir konudur.

Bununla birlikte, lojistik ve tedarik zinciri faaliyetleri boyunca şeffaflık ve izlenebilirlik kavramları kritik öneme sahiptir. Tedarik zinciri süreçlerinde zaman kayıplarını önleme, atıl iş gücü kullanımı ve maliyet avantajı sağlama gibi durumlar zorlukla yönetilmektedir. Ayrıca tüm tedarik zinciri akışı boyunca süreci olumsuz olarak etkileyebilecek hususlar etkin bir şekilde izlenmeli ve kontrol edilmelidir. Bu yüzden bu tez çalışmasının bilimsel değeri, özgünlüğü ve yeniliği bu aşamada devreye girmektedir. Yani bilim ve teknoloji dünyasına hızla yenilikler getirmeye başlayan blokzinciri teknolojisinin tedarik zincirinde uygulanması ve bu teknolojiye ait uygulamaların sürece entegre edilmesiyle çözümler sunulması hedeflenmektedir. Aynı zamanda bu teknolojinin kullanılmasıyla tedarik zincirinde çok önemli yeri olan veri gizliliği ve güven kavramları da teknolojinin taraflara sunduğu mutabakat mekanizması ve kriptoloji sayesinde eskisine göre daha kolay sağlanabilecektir. Tüm bunların sonucunda da maliyet avantajı ve fikir birliği sağlanarak organizasyonel verimliliğin artırılması hedeflenmektedir.

Araştırmanın uygulama alanı ve hedef sektörü temel itibariyle iki kısımdan oluşmaktadır. Ancak araştırmanın asıl uygulama alanı olarak lojistik ve tedarik zinciri faaliyetleri boyunca sektöre bütünlük hizmet sunan Üçüncü Parti Lojistik (Third Party Logistics – 3PL) hizmet sağlayıcı işletmeler seçilmiştir. Diğer taraftan ikinci uygulama alanı olarak araştırmaya katkı sağlayacak olan blokzinciri teknolojisi

üzerinde çalışmalar yapan ve ayrıca bu teknolojiyi kullanarak belirli ürün ve hizmetler geliştiren teknoloji şirketleri seçilmiştir.

Söz konusu bu işletmelerin ve tarafların seçilmesinin asıl amacı sektörde faaliyet gösteren 3PL işletmelerin tedarik zinciri, lojistik ve mevcut iş süreçlerini yerine getirirken müşteri ihtiyaçlarını ve gereksinimlerini blokzinciri teknolojisinin hangi teknik özellikleri ile karşılayabilmesidir. Ayrıca blokzinciri teknolojisinin kullanılmasıyla tedarik zincirinde dijitalleşmenin nasıl sağlanabileceğine yönelik araştırmalar ve analizler yapılmıştır.

Sonuç olarak bu çalışma ile lojistik ve tedarik zinciri sektöründe bütünleşik lojistik hizmet sunan 3PL işletmelerinin mevcut iş akışlarında blokzinciri teknolojisinin kullanılmasına yönelik derinlemesine sektör analizi yapılarak bir yol haritası ve yazılım aracı olarak teknolojik kalite evi tasarımı yapılması amaçlanmıştır. Ayrıca, blokzinciri teknolojisini geliştiren ve ürün üreten tarafta olan teknoloji şirketleri için de farklı sektörlerin blokzinciri teknolojisi ihtiyaç analizi kapsamında lojistik ve tedarik zinciri alanları için bir tasarım yol haritası sunulması amaçlanmıştır.

3.2. Araştırmanın Metodolojisi

Çalışmanın yöntem bilimi ve araştırma metodları kapsamında lojistik ve tedarik zinciri sektörü göz önünde bulundurularak sektördeki 3PL işletmeler için blokzinciri teknolojisinin kullanılmasına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle 3PL işletmelerin mevcut iş süreçlerini gerçekleştirirken karşılaştıkları zorluklar ve gereksinimler (customer requirements) belirlenmiştir. Söz konusu bu zorluklar ve gereksinimler belirlenirken mevcut literatürden, bilimsel yayınlardan, sektörel vaka analizlerinden ve istatistiklerden faydalanılmıştır. Ardından bu taramalar ve araştırmalar neticesinde 3PL işletmelerine ait genel bir müşteri gereksinim faktörleri belirlenmiştir. Sonrasında belirlenen bu gereksinimler için sektörde faaliyet gösteren ve blokzinciri teknolojisini kurumsal anlamda uygulama potansiyeli olan 3PL işletmelerle bire bir yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Burada, 3PL işletmeleri müşteri gereksinimleri doğrultusunda değerlendirdiğimizde işletmelerinin tedarik zinciri açısından blokzinciri teknolojisinden beklentileri ve istekleri noktasında görüşler

alınmıştır. Ardından taraflardan belirlenen her bir müşteri ihtiyacını diğer müşteri ihtiyaçları ile karşılaştırması ve önem seviyelerini ağırlıklandırmaları istenmiştir. Son olarak belirlenen müşteri gereksinimlerine ek olarak işletmelerin mevcut iş süreçlerinde karşılaştıkları zorluklar ve gereksinimlerine dair kendi görüş ve önerileri de talep edilmiştir. Bir nevi müşterinin sesi (voice of customers) şeklinde elde edilen bu 3PL müşteri gereksinimleri daha önceden belirlenen mevcut gereksinimlere dahil edilmiştir.

Çalışmanın uygulama alanının ikinci kısmında ise blokzinciri teknolojisinin fonksiyonellik açısından teknik özellikleri (blockchain technology specifications) mevcut literatür, bilimsel yayınlar, uygulamalar, vaka analizleri ve teknoloji raporları araştırılarak belirlenmiştir. Sonrasında belirlenen bu özelliklerin netleştirilmesi ve tespiti için blokzinciri teknolojisini üretme ve geliştirme potansiyeli olan teknoloji şirketleri (technology producers) ile bire bir yarı yapılandırılmış derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda teknoloji şirketlerinden belirlenen bu özellikler ve 3PL işletmelerinin blokzinciri teknolojisini kendi iş süreçlerine uygulaması için izleyeceği adımlar üzerinde görüşler ve değerlendirmeler alınmıştır. Son olarak görüşülen ilgili uzmanlardan belirlenen her bir teknik özelliği diğer teknik özellikler ile karşılaştırması ve önem seviyelerini ağırlıklandırması talep edilmiştir. Aynı zamanda görüşme yapılan teknoloji uzmanlarından blokzinciri teknolojisinin teknik özellikleri ile ilgili kendi görüşleri ve eklemeleri alınarak önceden belirlenen teknik özelliklere dahil edilmiştir.

Yazılımlar genel anlamda mimari yapısı, kullanılabilirliği ve fonksiyonelliği olmak üzere üç temel özelliğe sahiptir. Araştırmanın bu aşamasında ilk olarak 3PL işletmelerin faaliyetlerinde ve süreçlerinde blokzinciri teknolojisinin fonksiyonellik özelliğinin kullanılmasına yönelik QFD kalite evi tasarımı yapılmıştır. Burada yeni bir teknolojinin tasarımı, dizaynı ya da herhangi bir sektöre ve alana uygulanması için kullanılan QFD yönteminin tasarlanmasının amacı 3PL işletmelerinin mevcut iş süreçlerini yürütürken karşılaştıkları müşteri ihtiyaçlarını ve gereksinimlerini sağlamak için blokzinciri teknolojisinin QFD yöntemiyle yazılım ve süreç tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımla birlikte QFD’de bulunan kalite evinin çatısı ve bütün aşamaları sektörden elde edilen bulgular neticesinde tasarlanmıştır.

Kalite evi tasarlanırken birçok farklı yarı yapılandırılmış görüşmeler neticesinde hem 3PL işletmeleri müşteri gereksinimleri hem de blokzinciri

teknolojisi teknik özelliklerine ait önem ağırlıklarının belirlenmesi için Çok Kriterli Karar Verme içerisinde deterministik AHP yöntemi uygulanmıştır.

3.2.1. Araştırma Soruları

Çalışmayı genel anlamda yeniden özetlemek gerekirse, araştırmada öncelikle blokzinciri teknolojisi ve tedarik zincirinde kullanılmasına yönelik değerlendirmeler ve analizler yapılmıştır. Ardından geniş bir literatür taraması kapsamında blokzinciri teknolojisi vaka analizleri, blokzinciri mimarisi ve tedarik zinciri açısından ele alınan çalışmalara yer verilmiştir. Araştırmanın metodolojisi kısmında ise uygun araştırma yöntemleri belirlenerek uygulama aşamasına geçilmiştir. Bu kapsamda literatürde kabul görmüş QFD yöntemi ile 3PL işletmelerin tedarik zinciri ve mevcut iş akış süreçlerinde blokzinciri teknolojisinden beklentileri tespit edilerek kalite evi tasarlanmıştır. Kalite evi tasarlanırken önem ağırlıklarının belirlenmesi için deterministik AHP çok kriterli karar verme yöntemi uygulanarak araştırma sonlandırılmıştır.

Bu kısımda kapsamlı vaka analizleri ve literatür taraması neticesinde çalışma kapsamında belirlenen ve metodoloji yöntemleri ile analizler yapılacak olan araştırma soruları aşağıdaki gibidir:

- 3PL işletmelerin fonksiyonlarını yerine getirirken müşteri ihtiyaçları ve gereksinimleri nelerdir?
- Blokzinciri teknolojisinin fonksiyonellik açısından teknik özellikleri nelerdir?
- 3PL işletmeler tedarik zinciri ve mevcut iş süreçlerini yerine getirirken müşteri ihtiyaçlarını blokzinciri teknolojisinin hangi teknik özellikleri ile karşılayabilir?
- Blokzinciri teknolojiyle dijital veri ve doküman yönetimi nasıl sağlanır?
- Blokzinciri teknolojisinin kullanılmasıyla 3PL işletmeler operasyonel verimliliği nasıl sağlayabilir?
- 3PL işletmeler blokzinciri teknolojisinin kullanılmasıyla tedarik zinciri ağındaki taraflar arasında koordinasyonu nasıl sağlayabilir?

- 3PL işletmeler iş akışları boyunca mevcutta kullandıkları teknolojiler yerine neden blokzinciri teknolojisini kullanmalıdır?
- Blokzinciri teknolojisinin kullanılmasıyla tedarik zincirinde dijitalleşme nasıl sağlanabilir?

3.2.2. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemi

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi, yöneylem araştırması ile yönetim bilimi alanlarının bir alt dalı olmasıyla birlikte karar teorisinin en yaygın olarak kullanılan metotlarından birisidir. ÇKKV, birden çok karar kriterinin değerlendirilmesi ve alternatifler arasından seçim yapılmasını, alternatiflerin gruplandırılmasını ya da sıralanmasını sağlayan metotlar içermektedir (Atıcı ve Ulucan, 2009).

AHP, birden çok kriteri içinde barındıran karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan bir karar verme yöntemidir. AHP, karar vericilerin, karmaşık problemleri, problemin temel hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir hiyerarşik yapıda modellemelerine imkan sağlar. AHP'nin en yaygın özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif görüşlerini karar sürecine dahil edebilmesidir (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

AHP uygulamasında soruların hiyerarşik modelinin netleştirilmesinin ardından, her seviyedeki kriterlerin ikili karşılaştırmasının yapılması gerekmektedir. İkili karşılaştırma matrisindeki elemanlar a_{ij} şeklinde gösterilir. İkili karşılaştırmalar matrisinin köşegen elemanları 1'dir ve köşegenin altında kalan elemanlar aşağıdaki denklem ile bulunur;

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$$

Bununla birlikte, ikili karşılaştırma matrisi aşağıda belirtildiği şekilde gösterilmektedir;

$$D = \begin{bmatrix} a & & & \\ & a & & \\ & & \ddots & \\ & & & a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & a & \cdots & a \\ 1/a & 1 & \cdots & a \\ \vdots & & \ddots & \\ 1/a & 1/a & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n}$$

AHP yönteminde, bütün kriter için önem ağırlıkları bulunur ve öncelikler vektörü (w) elde edilir. Burada öncelikler vektörünün tutarlılığının test edilmesi için tutarlılık indeksinin bulunması gerekir. Tutarlılık indeksi (CI) bulunurken ilk olarak, $A \times w$ ağırlıklı toplam vektörü hesaplanır. Ardından matrisin en yüksek öz değeri (λ_{mak}) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır.

$$\lambda_{mak} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\text{Ağırlıklı toplam vektörünün } i.\text{elemanı}}{\text{Öncelik değerleri vektörünün } i.\text{elemanı}}$$

Elde edilen en yüksek öz değer, n 'e yaklaştıkça matris daha tutarlı olur ve $\lambda_{mak} \geq n$ şeklinde elde edilmiş olur (Saaty ve Vergas, 1994).

Ayrıca, AHP uygulamasında tutarlılık analizi yapılırken öncelikle Tutarlılık İndeksi (Consistency Index – CI) hesaplanmalıdır. AHP analizinde elde edilen verilerin tutarlılıktan ne kadar uzaklaştığını gösteren tutarlılık indeksi AHP'nin 1-9 ölçeğiyle oluşturulmuş rastgele seçilen aynı boyutlu ikili karşılaştırmalar matrisi ile elde edilen rassal indeks (RI) değerine bölünmesiyle, tutarlılık oranı CR hesaplanmış olur (Saaty, 1980: 21). Tutarlılık oranı %10 veya altında hesaplanan her bir tutarlılık düzeyi için ikili karşılaştırmalar matrisinin bütün elemanlarının önem düzeyinin anlamlılığının doğru olduğu kabul edilir. Tutarlılık oranı ve tutarlılık indeksine ait formüller aşağıda gösterilmiştir;

$$CI = \frac{(\lambda_{mak} - n)}{n - 1} \quad CR = \frac{CI}{RI}$$

3.2.3. Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) Yöntemi

Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) ilk olarak 1972 yılında Japon Mitsubishi şirketinde kullanılmaya başlanan ve 1984 yılından sonra da öncelikle ABD ve sonrasında tüm dünyada kabul gören bir kalite tekniğidir. KFY, temel itibarıyla müşteri isteklerini ölçülebilen performans değişikliklerine dönüştürüp, etkili bir süreç ve dağıtım kanalı sunulmasına destek olan müşteri odaklı ve takım çalışmasını gerektiren bir kalite metodolojisidir (Sevük, 1998).

İlk olarak Japonya’da Yoji Akao tarafından kullanılmış olan bu teknik müşteri ihtiyaçlarını ve isteklerini kalite ihtiyaçlarına dönüştürme, üretilen bir ürün için tasarım kalitesini belirleme ve her bir parçanın kalitesiyle üretim sürecindeki elemanlar arasındaki ilişkileri sistematik olarak dağıtan bir tekniktir (Akao, 1990).

Kalite Fonksiyon Yayılımı’nın tasarlandığı süreçlerde ve işletmelerde yaşanan zorlukları büyük ölçüde azalttığı, ürün ya da hizmet geliştirme sürecini kısalttığı ve karlılığa olumlu yönde katkı sağladığı bilinmektedir. Söz konusu bu faydalarından dolayı birçok işletme bu tekniği süreçlerinde kullanmaktadır (Taptık ve Keleş, 1998).

KFY, kalite evi olarak adlandırılan matris sistemleriyle ürün geliştirme ve iyileştirme faaliyetlerini gerçekleştiren bir süreçtir (Arı, 2006: 24). Kalite Fonksiyon Yayılımı aynı zamanda tasarım kalitesinin geliştirilmesi ve ekonomik olarak ürün tasarlanması amaçlarına destek olan, müşteri isteklerinin söz konusu faaliyetlerde sistematik olarak analiz edilip, tasarımın temelini oluşturmasını sağlayan bir yapıdır (Suliyev, 2007).

Müşteri ihtiyaç ve isteklerini temel hedefi haline getirerek üretim ve hizmet sunma aşamalarını takip eden KFY kavramının birincil amacı müşteri isteklerini belirlemektir. Bu aşamada müşterinin sesi (voice of customer) şeklinde adlandırılan müşteri ihtiyaç ve isteklerini belirlemek tahmin edilenin aksine son derece zor ve karmaşık bir süreçtir. Klasik yaklaşımlar ve yöntemler müşteri sesini belirlerken daha çok mevcut müşteri ihtiyaçlarına odaklanmıştır. Fakat yapılan araştırmalar neticesinde müşteri isteklerinin son derece dinamik bir yapıda olduğu ve zamanla büyük ölçüde değişikliğe uğrayabileceği gözlenmiştir (Cudney ve Elrod, 2011).

Kalite Fonksiyon Yayılımı yönteminin uygulanmasında belirlenen üç temel amaç şu şekildedir (Gupta ve diğerleri, 2012):

- Bilinen veya konuşulmamış olan müşteri isteklerini belirlemek,
- Belirlenen istekleri teknik açıdan belirli özelliklere dönüştürmek,
- Müşteri tatmini için kaliteli ürün ve hizmet tasarlamaktır.

3.2.3.1. Kalite Evi ve Kurulum Aşamaları

Kalite evi kavramı müşteri istek ve ihtiyaçlarının neler olduğu ve bunların işletme tarafından ne şekilde temin edileceğiyle ilgilenilmesini ifade etmektedir. Kalite evinin yatay kısmında müşteri istek ve ihtiyaçları yer alırken dikey kısmında ise müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılayacak teknik özellikler ve gereksinimler yer almaktadır (Kurt ve Yenilmez, 2017: 16).

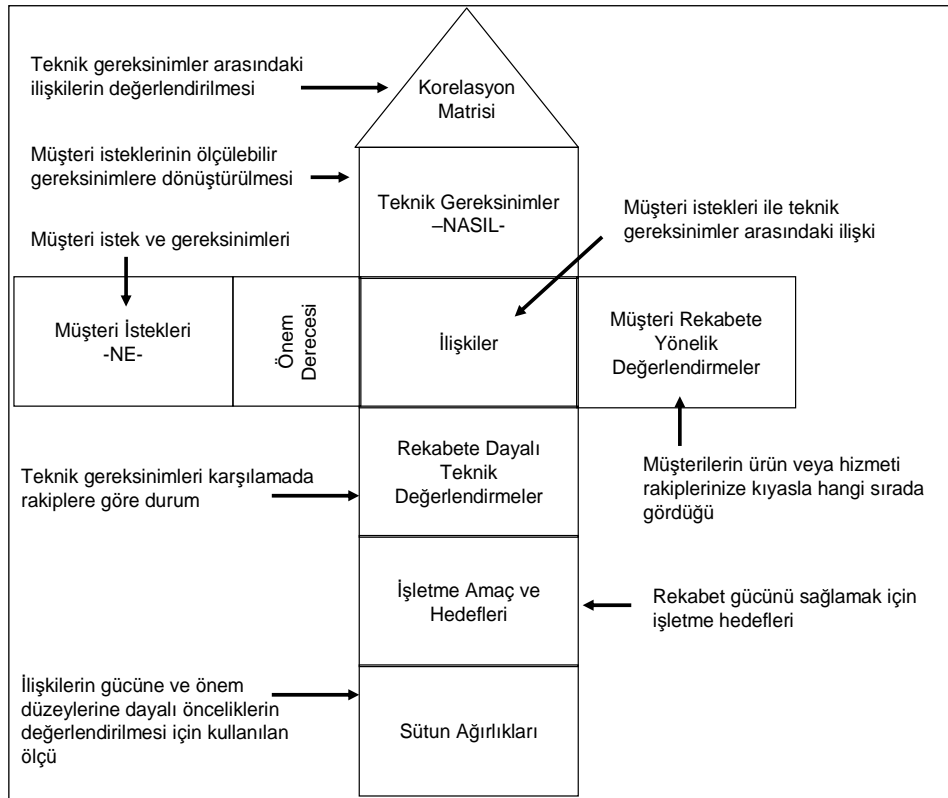
Kalite evi kavramının amacı müşterilerin istek ve beklentilerini karşılayan ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi olduğu için kalite evi kavramının temelinde de müşterilerin beğeni, beklenti ve seçimlerini kapsayarak geliştirilmesi gerekir. Bu yüzden işletmelerde pazarlama, tasarım ve üretim departmanlarında ki çalışanlar entegre bir çalışma ortamı içerisinde kalite evi tasarımı için birlikte çalışırlar. Kalite evi işletmelerde fonksiyonlar arası planlama, koordinasyon ve iletişimi sağlayan kavramsal bir yol haritasıdır. Kalite evi tasarım öncelikleri işletmelerin istekleri ve yerine getirmesi gereken sorumluluklar göz önünde bulundurularak detaylı bir şekilde belirlenir (Hauser ve Clausing, 1998).

Genel anlamda uygulayan taraflar açısından karmaşık bir yapıya sahip olarak görülen kalite evi kavramı aslında adım adım ele alındığında basit bir yapı içerisinde tasarlanabilmektedir. Kalite evinin bütün bölümleri ve birbirleriyle olan ilişkileri gerekli noktalarda ele alındığı zaman söz konusu evin yapısı daha net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Kalite evini oluşturan söz konusu kısımlar temel olarak beş ana bölümden meydana gelmektedir. Bunlar (Yapraklı ve Güzel, 2010):

- Kalite evinin dış duvarları müşteri istek ve beklentileri için oluşturulmuştur. Sol dış duvarda müşteri istek ve beklentileri yer alırken, sağ dış duvar da ise planlama matrisi bulunur.
- Kalite evinin ikinci katı olan tavan arası kısmında da teknik özellikler ve gereksinimler bulunmaktadır.

- Kalite evinin iç duvarları ise, müşteri istek ve beklentileriyle teknik özellikler ve gereksinimler arasındaki ilişkileri ifade etmektedir.
- Evin üst yani çatı kısmında ise, teknik özellik ve gereksinimlerin arasındaki ilişkiler yer almaktadır.
- Son olarak, kalite evinin alt yani temel kısmında ise, öncelikli teknik özellik ve gereksinimler bulunmaktadır.

Şekil 7: Kalite Fonksiyon Yayılımına Ait Kalite Evi Tasarımı



Kaynak: (Fung, 1999)

Şekil 7'de Kalite Fonksiyon Yayılımı içerisindeki müşteri isteklerinin ve ürün teknik özelliklerinin belirlenmesi ile buradaki hesaplamalar kalite evi matris yapısında gösterilmiştir.

Kalite evi tasarımında birbirini takip eden dört aşamalı yapıyla herhangi bir ürün ya da hizmetin tasarım yöntemleri ve süreçleri belirlenmektedir. Kalite evi içerisindeki her bir aşama ilgili ürün tasarım ihtiyaçlarının bir sonraki aşamaya nasıl transfer olacağını göstermektedir (Cohen, 1995). Kalite evinde müşteri istek ve

gereksinimleri “neler”, teknik özellikler ve gereksinimler ise “nasıllar” şeklinde ifade edilmektedir. Müşteri gereksinimleri ile ürün teknik özellikleri arasındaki ilişkiler, grafiğin merkezinde bulunan ilişki matrisinde gösterilmektedir. Kalite evinin en üst kısmında yani çatısında bulunan korelasyon matrisinde ise, ürünün teknik özellikleri arasındaki negatif ve pozitif yönlü ilişkiler belirli değerlendirmeler ile birlikte sayısal olarak ifade edilmektedir.

Farklı alanlar ile disiplinlerdeki sorunların çözümünde ve ayrıca birçok ürün ve geliştirme süreçlerinin iyileştirilmesinde kolaylıkla uygulanabilmesi Kalite Fonksiyon Yayılımı'nı güçlü kılan en önemli özelliklerden birisidir (Lowe, 2000). Bu yüzden birbirini takip eden ve dört aşamalı süreçten meydana gelen yapısıyla KFY yöntemi ürün ihtiyaçlarının, hangi parça, süreç ve üretim tekniklerinin uygulanmasıyla nasıl, nerede ve ne zaman temin edileceği konularını netleştirmektedir. Bu sayede, ürünü meydana getiren bileşenler, süreçler ve üretim planları ayrıntılı bir şekilde belirlenmiş olur.

Genel olarak kalite evinin tasarlanması ve neticelendirilmesi için uygulanan başlıca aşamalar aşağıda sıralanmıştır. Bunlar:

- Müşteri istek ve beklentileri ile önem derecelerinin belirlenmesi
- Teknik özelliklerin belirlenmesi
- Müşteri istek ve beklentileri ile teknik özellikler arasındaki ilişki matrisinin oluşturulması
- Teknik özellikler arasındaki korelasyon matrisinin oluşturulması
- İşletmenin amaç ve hedeflerinin belirlenmesi
- Rakip ya da referanslarıyla karşılaştırma matrislerinin oluşturulması
- Öncelikler belirlenerek sonuç ve analizler yapılması şeklindedir.

3.3. 3PL İşletmelerine Blokzinciri Teknolojisi Uygulanması İçin Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) İle Kalite Evi Tasarımı

Lojistik ve tedarik zinciri sektöründeki inovasyonların sektörde faaliyet gösteren işletmeler tarafından büyük bir rekabet aracı haline geldiği günümüz piyasa koşullarında, hem yerel hem de büyük ölçekli lojistik firmaların söz konusu bu yoğun rekabet ortamından ve sektördeki yeni teknolojilerden etkilenerek otomasyon

ve dijital süreçlerle hizmet kalitelerini artırmayı amaçladıkları görülmektedir. Klasik iş yapış teknikleri ve süreç yönetimlerinde ki rekabet, müşteri memnuniyeti gibi etkenler nedeniyle yenilik arayışına gidilmesi sektörün genelinde de yoğun bir şekilde ilgi görmeye başlamıştır.

Korpela ve diğerleri (2017), yaptıkları çalışmada blokzinciri teknolojisinin teknik fonksiyonlarını “Beklentiye Göre Tasarım (Design by Expectation – DBE)” çerçevesine entegre etmek için literatürü derinlemesine analiz ederek blokzinciri alanındaki uzmanlarla görüşmeler gerçekleştirmişlerdir. Tespit ettikleri fonksiyonlar işlem verileri, muhasebe defteri veya akıllı sözleşme işleme, blokları eşler arası ağlara depolama ve madencilik uzmanları tarafından blokları yönetmedir. Burada yapılan bu çalışmanın temel amacı öncelikle tedarik zinciri entegrasyonunun mevcut aşamasını ve buna ulaşmak için gerekli olan adımları detaylı bir şekilde belirlemektir. Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) yöntemi kullanılarak tedarik zinciri işlevleri “Neler” entegrasyon içerisindeki blokzinciri teknolojisinin desteğinin “Nasıl” olduğu ile birleştirilmiştir.

Bu kapsamda, lojistik sektörü içerisinde iş akışlarının ve mevcut faaliyetlerin yürütülmesinde etkin rol oynayan ve aynı zamanda sektöre geniş bir açıdan hizmet sunan 3PL işletmeleri için yıkıcı bir teknoloji olarak tanımlanan blokzinciri teknolojisinin uygulanması adına KFY yöntemi uygulanmıştır. Bu kısımda tasarlanan kalite evi genel anlamda sırasıyla dört aşamaya ayrılmıştır. 3PL işletmelerin müşteri gereksinimlerinin belirlenmesi için görüşmeler yapılması, blokzinciri teknolojisinin teknik özelliklerinin belirlenmesi için uzmanlarla görüşmeler yapılması, planlama aşaması ve sonuç ile değerlendirme aşamasıdır. Çalışmanın bu kısmında kalite evi tasarımı için uygulanan tüm aşamalar sırasıyla açıklanmıştır.

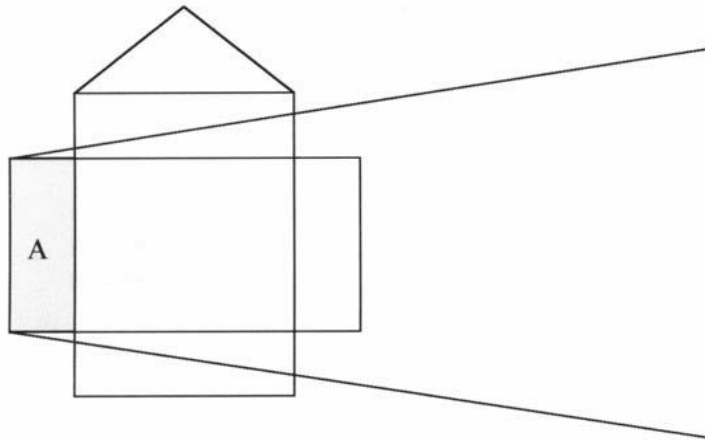
3.3.1. Aşama 1: 3PL İşletmeleri İçin Müşteri Gereksinimlerinin Belirlenmesi ve AHP Yöntemi Uygulanması

Kalite evi tasarımının ilk adımı olan 3PL işletmeleri müşteri gereksinimlerinin (customer requirements) belirlenmesi aşamasında müşterinin sesi (voice of customer) olarak nitelendirilen bilgilerin oluşturulması için mevcut literatür, alan yazınları ve sektörel yayınlar taranmıştır. Ardından sektörde blokzinciri teknolojisini iş süreçlerine uygulama potansiyeli olan 3PL işletmeler ile yarı yapılandırılmış

görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerde 3PL işletmelerden daha önceden derinlemesine araştırma ve analizler ile belirlenen 3PL müşteri ihtiyaç ve gereksinimlerini 1 ile 9 arasında ağırlandırılmış ölçek puanları ile birbirleri arasında karşılaştırmaları ve önem seviyelerini belirlemeleri istenmiştir. Ayrıca bu işletmelerden hem sektörel açıdan hem de kendi iş faaliyetleri açısından baktıklarında 3PL işletmelerin iş akışlarını yerine getirirken karşılaştıkları sorunların ve gereksinimlerin neler olduğu istenmiştir.

Şekil 8’de müşteri gereksinimleri sütununun yanında önem seviyelerinin geometrik ortalamalarının yer aldığı önem ağırlıkları da gösterilmiştir. Ölçekte 1 en düşük ve 9 da en yüksek önem seviyesini temsil etmektedir.

Şekil 8: Müşteri Gereksinimleri ve Önem Seviyeleri Matrisi



Müşteri İstekleri	Önem derecesi
1. Müşteri İsteği	X_1
2. Müşteri İsteği	X_2
3. Müşteri İsteği	X_3
4. Müşteri İsteği	X_4
5. Müşteri İsteği	X_5
6. Müşteri İsteği	X_6

Bu aşamada belirlenen 3PL müşteri gereksinimleri 3 temel başlık altında gruplandırılmıştır. Bu gruplar Dijital Dönüşüm Stratejisi (Digital Growth Strategy), Verimlilik Artışı (Efficiency Improvement) ve Tedarik Ağında İlişki Yönetimi (Relationship Management in Supply Network) şeklindedir. Dijital Dönüşüm Stratejisi 3PL müşteri gereksinimleri grubu altında 7, Verimlilik Artışı 3PL müşteri gereksinimleri grubu altında 8 ve Tedarik Ağında İlişki Yönetimi 3PL müşteri gereksinimleri grubu altında ise 9 adet gereksinim faktörleri bulunmaktadır.

Tablo 1: 3PL Müşteri Gereksinim Ana Kriterleri ve Grup Kararları

	C1	C2	C3	C4	Grup Kararı	
Dijital Dönüşüm Stratejisi	6	5	7	6	5,96	Verimlilik Artışı
Dijital Dönüşüm Stratejisi	6	3	6	7	5,24	Tedarik Ağında İlişki Yönetimi
Verimlilik Artışı	6	7	5	5	5,69	Tedarik Ağında İlişki Yönetimi

Tablo 1’de dört 3PL işletmeye ait müşteri gereksinimleri ana kriterleri ve geometrik ortalama ile hesaplanan karşılaştırmalı grup kararları gösterilmiştir. Burada C1 (customer 1) birinci 3PL işletmeye, C2 (customer 2) ikinci 3PL işletmeye, C3 (customer 3) üçüncü 3PL işletmeye ve C4’de (customer 4) dördüncü 3PL işletmeye ait önem ağırlıklarını göstermektedir.

Grup kararlarının hesaplanmasının ardından ana kriterlere ait önem ağırlıklarının birbirleriyle karşılaştırıldığı matris hazırlanmıştır.

Tablo 2: Ana Kriterleri Karşılaştırma Matrisi

	Dijital Dönüşüm Stratejisi	Verimlilik Artışı	Tedarik Ağında İlişki Yönetimi
Dijital Dönüşüm Stratejisi	1	6	5,2
Verimlilik Artışı	0,143	1	5,7
Tedarik Ağında İlişki Yönetimi	0,191	0,176	1
TOPLAM	1,33	7,13	11,94

Tablo 2’de ise önceden belirlenen üç ana kriterin birbirleriyle karşılaştırma matrisi oluşturulmuş ve ana kriterlerin normalize edilmesinden önce ilgili üç ana kritere ait sütun toplamları hesaplanmıştır.

Tablo 3: Normalize Edilmiş Ana Kriter Karşılaştırma Matrisi

	Dijital Dönüşüm Stratejisi	Verimlilik Artışı	Tedarik Ağında İlişki Yönetimi	Satır Ağırlığı (w) (Ortalama)
Dijital Dönüşüm Stratejisi	0,750	0,835	0,439	0,675
Verimlilik Artışı	0,107	0,140	0,477	0,241
Tedarik Ağında İlişki Yönetimi	0,143	0,025	0,084	0,084
TOPLAM	1,0	1,0	1,0	1,0

Tablo 3’de üç ana kriterin birbirleriyle karşılaştırılması neticesinde elde edilen ağırlıklar normalize edilmiştir. Ardından üç ana kritere ait normalize edilmiş her bir değerlerin ortalamaları alınarak satır ağırlıkları (w) hesaplanmıştır.

Tablo 3’de normalize edilmiş ana kriterlerden elde edilen satır ağırlıklarına (w) bakıldığında aşağıdaki değerlendirmelerde bulunabiliriz;

- Dijital Dönüşüm Stratejisi ana kriteri (0,675) satır ağırlığı ile Verimlilik Artışı ana kriteri (0,241) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Dijital Dönüşüm Stratejisi ana kriteri (0,675) satır ağırlığı ile Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriteri (0,084) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Ayrıca, Verimlilik Artışı ana kriteri (0,241) satır ağırlığı ile Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriteri (0,084) satır ağırlığına göre daha önemlidir diyebiliriz.

Söz konusu bu değerlendirmelerin ardından daha önceden belirlenen üç ana kritere ait alt kriterlerin gösterilmesi hem ana kriterlerle ilişkilendirilmesi açısından hem de bulgular ve öneriler kısmı için faydalı olacaktır.

Tablo 4: 3PL Müşteri Gereksinimleri Ana Kriterlerine Ait Alt Kriterler

Dijital Dönüşüm Stratejisi	Verimlilik Artışı	Tedarik Ağında İlişki Yönetimi
Gerçek Zamanlı Veri ve Ürün Akışı Görünürlüğü – CR1	Operasyonel Maliyeti Azaltma – CR8	Müşteri İlişkileri için Gerçek Zamanlı Analiz – CR16
Dijital Belge Yönetimi – CR2	Operasyonel Verimlilik – CR9	Tedarik Ağı Boyunca İşbirliğinin Geliştirilmesi – CR17
Gümrük İşlemlerinin Sadeleştirilmesi – CR3	Aracıların Ortadan Kaldırılması – CR10	Tedarik Zincirinde Şeffaflık ve İzlenebilirlik – CR18
Tedarik Zincirinde İş Akışı Otomasyonu – CR4	Veri Mutabakatının Azaltılması – CR11	Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Güçlendirilmesi – CR19
Ürün Sertifikalarının ve Özelliklerinin Doğrulanması – CR5	Sürdürülebilir Ürün Güvenliği – CR12	Nakit Akışı Sorunları ve Ödemelerin Yönetimi – CR20
İşlemlerin Dijital Olarak Depolanması – CR6	Tedarik Zinciri Süreçlerinde Verimlilik – CR13	Yüksek Hassasiyetli Teslim Süresi – CR21
IoT ve AI gibi Yeni Teknolojilere Kolay Erişim – CR7	Prosesler için Maliyet Hesaplaması – CR14	İş Akışı ve İletişim Koordinasyonu – CR22
	Sevkiyat Hatası ve Gecikmelerinin Azaltılması – CR15	Risk Yönetimi ve Süreçlerde Sahteciliği Önleme – CR23
		Tedarik Zinciri Güvenilirliğinin Artırılması – CR24

Kaynak: (Knemeyer ve Murphy, 2005; Wilding ve Juriado, 2004; Razzaque ve Sheng, 1998; Daldır ve Sofyahoğlu, 2019; Coltman ve diğerleri, 2008; Rajesh ve diğerleri, 2011; Ayrıca araştırma kapsamında yarı yapılandırılmış görüşme gerçekleştirilen 3PL işletmelerinden elde edilmiştir).

Tablo 4’te 3PL müşteri gereksinimleri ana kriterlerine ait alt kriterler gösterilmiştir. Her bir alt kriter ait olduğu ana kriter ile iş akışı ve süreç bütünlüğü açısından ilişkilidir. Çalışmanın devamında söz konusu ana kriterlere ek olarak alt kriterlerin de önem ağırlıklarının hesaplanmasında AHP yöntemi kullanılmıştır. Burada CR1 – CR24 arasındaki ifadeler her bir ana kriterin altında sırasıyla müşteri

gereksinimlerini (customer requirements – CR) ifade etmektedir. Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) yöntemi kapsamında 3PL işletmeleri için blokzinciri teknolojisinin kullanılmasına dair tasarlanacak olan kalite evi sürecinde ve değerlendirmelerde AHP analizleri neticesinde elde edilen CR ifadeleri ve önem ağırlıkları kullanılmıştır.

Tablo 5: Dijital Dönüşüm Stratejisi Normalize Edilmiş Alt Kriterlerinin Karşılaştırma Matrisi

Dijital Dönüşüm Stratejisi Alt Kriterleri	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	Satır Ağırlığı (w) (Ortalama)
CR1	0,078	0,049	0,074	0,035	0,034	0,181	0,117	0,081
CR2	0,086	0,054	0,081	0,029	0,269	0,027	0,133	0,097
CR3	0,085	0,054	0,081	0,256	0,288	0,026	0,133	0,132
CR4	0,460	0,389	0,065	0,206	0,271	0,198	0,140	0,247
CR5	0,098	0,009	0,012	0,033	0,043	0,171	0,159	0,075
CR6	0,081	0,379	0,585	0,197	0,048	0,190	0,153	0,233
CR7	0,111	0,067	0,101	0,245	0,046	0,206	0,166	0,134
TOPLAM	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tablo 5’te Dijital Dönüşüm Stratejisi ana kriteri içerisinde bulunan normalize edilmiş alt kriterler için AHP yöntemi uygulanmış karşılaştırma matrisi verilmiştir. Bu matriste hesaplanan satır ağırlıkları Kalite Fonksiyon Tasarımı (KFY) yöntemi kapsamında kalite evi sürecinde müşteri gereksinimleri önem seviyeleri için kullanılmıştır.

Tablo 6: Verimlilik Artışı Normalize Edilmiş Alt Kriterlerinin Karşılaştırma Matrisi

Verimlilik Artışı Alt Kriterleri	CR8	CR9	CR10	CR11	CR12	CR13	CR14	CR15	Satır Ağırlığı (w) (Ortalama)
CR8	0,124	0,187	0,194	0,175	0,301	0,338	0,254	0,014	0,198
CR9	0,019	0,029	0,006	0,025	0,071	0,014	0,015	0,013	0,024
CR10	0,020	0,151	0,031	0,052	0,062	0,012	0,013	0,011	0,044
CR11	0,020	0,033	0,017	0,028	0,047	0,011	0,015	0,011	0,023
CR12	0,140	0,138	0,170	0,206	0,342	0,438	0,396	0,481	0,289
CR13	0,028	0,157	0,199	0,191	0,061	0,078	0,215	0,068	0,125
CR14	0,037	0,149	0,185	0,139	0,065	0,027	0,076	0,329	0,126
CR15	0,612	0,158	0,199	0,185	0,051	0,081	0,016	0,071	0,172
TOPLAM	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tablo 6’da Verimlilik Artışı ana kriteri içerisinde bulunan normalize edilmiş alt kriterler için AHP yöntemi uygulanmış karşılaştırma matrisi verilmiştir. Bu matriste hesaplanan satır ağırlıkları Kalite Fonksiyon Tasarımı (KFY) yöntemi kapsamında kalite evi sürecinde müşteri gereksinimleri önem seviyeleri için kullanılmıştır.

Tablo 7: Tedarik Ağında İlişki Yönetimi Normalize Edilmiş Alt Kriterlerinin Karşılaştırma Matrisi

Tedarik Ağında İlişki Yönetimi Alt Kriterleri	CR16	CR17	CR18	CR19	CR20	CR21	CR22	CR23	CR24	Satır Ağırlığı (w) (Ortalama)
CR16	0,031	0,029	0,039	0,005	0,065	0,010	0,006	0,095	0,022	0,034
CR17	0,027	0,025	0,036	0,006	0,062	0,008	0,006	0,018	0,016	0,023
CR18	0,036	0,031	0,044	0,043	0,062	0,052	0,196	0,020	0,016	0,056
CR19	0,195	0,149	0,034	0,033	0,122	0,008	0,006	0,018	0,017	0,065
CR20	0,179	0,150	0,263	0,101	0,372	0,338	0,198	0,672	0,302	0,286
CR21	0,168	0,162	0,044	0,206	0,058	0,052	0,144	0,030	0,017	0,098
CR22	0,176	0,135	0,008	0,199	0,065	0,013	0,034	0,018	0,018	0,074
CR23	0,035	0,150	0,231	0,194	0,058	0,181	0,196	0,105	0,481	0,181
CR24	0,154	0,169	0,301	0,213	0,136	0,338	0,214	0,024	0,110	0,184
TOPLAM	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Tablo 7’de Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriteri içerisinde bulunan normalize edilmiş alt kriterler için AHP yöntemi uygulanmış karşılaştırma matrisi verilmiştir. Bu matriste hesaplanan satır ağırlıkları Kalite Fonksiyon Tasarımı (KFY) yöntemi kapsamında kalite evi sürecinde müşteri gereksinimleri önem seviyeleri için kullanılmıştır.

Tablo 8: KFY 3PL Müşteri Gereksinimleri Önem Ağırlıkları ve Yüzdeleri

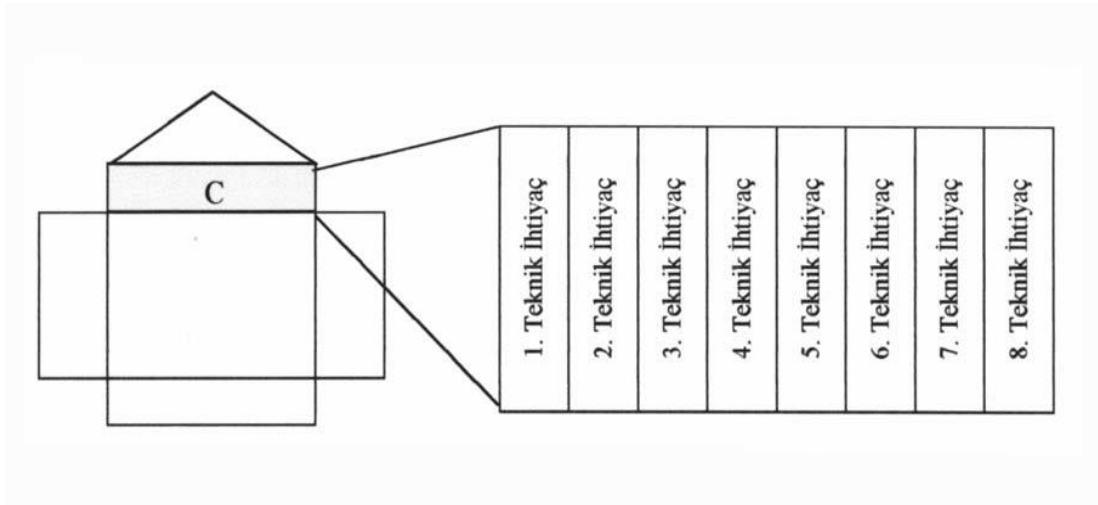
KFY 3PL Müşteri Gereksinimleri	Önem Ağırlığı	Yüzdelik (%)
Dijital Dönüşüm Stratejisi	0,675	16,87%
Gerçek Zamanlı Veri ve Ürün Akışı Görünürlüğü – CR1	0,081	2,02%
Dijital Belge Yönetimi – CR2	0,097	2,42%
Gümrük İşlemlerinin Sadeleştirilmesi – CR3	0,132	3,30%
Tedarik Zincirinde İş Akışı Otomasyonu – CR4	0,247	6,17%
Ürün Sertifika ve Özelliklerinin Doğrulanması – CR5	0,075	1,87%
İşlemlerin Dijital Olarak Depolanması – CR6	0,233	5,82%
IoT ve AI gibi Yeni Teknolojilere Kolay Erişim – CR7	0,134	3,35%
Verimlilik Artışı	0,241	6,02%
Operasyonel Maliyeti Azaltma – CR8	0,198	4,95%
Operasyonel Verimlilik – CR9	0,024	0,60%
Aracıların Ortadan Kaldırılması – CR10	0,044	1,10%
Veri Mutabakatının Azaltılması – CR11	0,023	0,57%
Sürdürülebilir Ürün Güvenliği – CR12	0,289	7,22%
Tedarik Zinciri Süreçlerinde Verimlilik – CR13	0,125	3,12%
Prosesler İçin Maliyet Hesaplaması – CR14	0,126	3,15%
Sevkiyat Hatası ve Gecikmelerinin Azaltılması – CR15	0,172	4,30%
Tedarik Ağında İlişki Yönetimi	0,084	2,10%
Müşteri İlişkileri İçin Gerçek Zamanlı Analiz – CR16	0,034	0,85%
Tedarik Ağı Boyunca İşbirliğinin Geliştirilmesi – CR17	0,023	0,57%
Tedarik Zincirinde Şeffaflık ve İzlenebilirlik – CR18	0,056	1,40%
Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Güçlendirilmesi – CR19	0,065	1,62%
Nakit Akışı Sorunları ve Ödemelerin Yönetimi – CR20	0,286	7,15%
Yüksek Hassasiyetli Teslim Süresi – CR21	0,098	2,45%
İş Akışı ve İletişim Koordinasyonu – CR22	0,074	1,85%
Risk Yönetimi ve Süreçlerde Sahteciliği Önleme – CR23	0,181	4,52%
Tedarik Zinciri Güvenilirliğinin Artırılması – CR24	0,184	4,60%
TOPLAM	4,0	100,00%

Tablo 8’de 3PL müşteri gereksinimleri kapsamında belirlenen normalize edilip AHP yöntemi uygulanmış tüm ana ve alt kriterlere ait önem ağırlıkları ile bu ağırlıkların yüzdeler hesaplamaları verilmiştir. Söz konusu bu önem ağırlıkları ile yüzdeler hesapları KFY yöntemi kapsamında tasarlanmış olan kalite evinde kullanılmıştır.

3.3.2. Aşama 2: Blokzinciri Teknolojisinin Fonksiyonellik Açısından Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi ve AHP Yöntemi Uygulanması

Kalite evi tasarımının ikinci adımı olan blokzinciri teknolojinin fonksiyonellik açısından teknik özelliklerinin (blockchain technology technical specifications) belirlenmesi için öncelikle mevcut literatür, alan yazınları ve sektörel yayınlar taranmıştır. Ardından sektörde blokzinciri teknoloji üzerinde çalışmalar ve araştırmalar yapan teknoloji üreticisi işletmeler ile yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu görüşmelerde teknoloji şirketlerinden daha önceden derinlemesine araştırma ve analizler ile belirlenen blokzinciri teknolojinin teknik özellikleri 1 ile 9 arasında ağırlandırılmış ölçek puanları ile birbirleri arasında karşılaştırmaları ve önem seviyelerini belirlemeleri istenmiştir. Ayrıca bu şirketlerden hem sektörel açıdan hem de kendi iş faaliyetleri açısından baktıklarında blokzinciri teknolojinin teknik özelliklerinin neler olduğu istenmiştir.

Şekil 9: Müşteri Gereksinimlerinin Teknik Özelliklere Dönüştürülmesi



Şekil 9’da KFY yöntemiyle tasarlanan kalite evi kapsamında müşteri gereksinimlerinin teknik özelliklere dönüştürülmesi gösterilmiştir. Bu aşamada blokzinciri teknolojisinin fonksiyonellik açısından belirlenen teknik özellikleri 3 temel başlık altında gruplandırılmıştır. Bu gruplar Merkezi Olmayan (Decentralisation), Akıllı Sözleşmeler (Smart Contracts) ve Şeffaflık ve İzlenebilirlik (Transparency and Traceability) şeklindedir. Merkezi Olmayan teknik özellikler grubu altında 4, Akıllı Sözleşmeler teknik özellikleri grubu altında 2 ve Şeffaflık ve İzlenebilirlik teknik özellikleri grubu altında ise 4 adet teknik özellik faktörleri bulunmaktadır.

Tablo 9: Normalize Edilmiş Teknik Özellikler Karşılaştırma Matrisi

	Merkezi Olmayan	Akıllı Sözleşmeler	Şeffaflık ve İzlenebilirlik	Satır Ağırlığı (w) (Ortalama)
Merkezi Olmayan	0,570	0,797	0,345	0,571
Akıllı Sözleşmeler	0,285	0,176	0,568	0,343
Şeffaflık ve İzlenebilirlik	0,145	0,027	0,088	0,087
TOPLAM	1,0	1,0	1,0	1,0

Tablo 9’da teknik özelliklere ait üç ana kriterin birbirleriyle karşılaştırılması neticesinde elde edilen ağırlıklar normalize edilmiştir. Ardından üç ana kritere ait normalize edilmiş her bir değerın ortalamaları alınarak satır ağırlıkları (w) hesaplanmıştır.

Tablo 9’da normalize edilmiş ana kriterlerden elde edilen satır ağırlıklarına (w) bakıldığında aşağıdaki değerlendirmelerde bulunabiliriz;

- Merkezi Olmayan ana kriteri (0,571) satır ağırlığı ile Akıllı Sözleşmeler ana kriteri (0,343) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Merkezi Olmayan ana kriteri (0,571) satır ağırlığı ile Şeffaflık ve İzlenebilirlik ana kriteri (0,087) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Ayrıca, Akıllı Sözleşmeler ana kriteri (0,343) satır ağırlığı ile Şeffaflık ve İzlenebilirlik ana kriteri (0,087) satır ağırlığına göre daha önemlidir diyebiliriz.

Tablo 10: Blokzinciri Teknolojisi Teknik Özellikleri

Merkezi Olmayan	Akıllı Sözleşmeler	Şeffaflık ve İzlenebilirlik
Dağıtık Defter Teknolojisi	Ödeme Ağı	Veri Gizliliği Ve Güvenliği
Dijital Kimlik (ID)	Kayıt Tutma	Değişmezlik
Hesap Verebilirlik		Fikir Birliği ve İş Kanıtı (PoW)
Eşler Arası Ağ (P2P)		Kriptografi ve Hash Fonksiyonu

Tablo 10’da KFY kalite evi tasarımı kapsamında 3PL müşteri gereksinimleri ile ilişkilendirilecek olan blokzinciri teknolojisine ait bütün teknik özellikler gösterilmiştir.

3.3.3. Aşama 3: Teknik Özellikler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi ve Korelasyon Matrisinin Oluşturulması

Kalite evini tasarlarken birçok teknik özellik diğer teknik özelliklerle ilişkili durumda olabilir. Söz konusu teknik özelliklerden herhangi birisinin geliştirilmesi için gerçekleştirilen bir çalışma ilgili özelliğe destek olabilir ve bunun neticesinde de olumlu ve yararlı bir etki ortaya çıkarılmış olur. Diğer taraftan, herhangi bir özelliği geliştirmek için yapılan bir çalışma ilgili özelliği olumsuz yönde de etkileyebilir (Shrivastava ve Verma, 2014).

Çalışma kapsamında kalite evi oluşturulurken korelasyon matrisinden önce bu gibi durumların tespiti için teknik özelliklere dair yapılabilecek herhangi bir çalışmanın ilgili özelliğe ait ilişki yönleri tespit edilmiştir. Burada ilgili özelliğe dair çalışmayı (gelişme yönünü) artırmak (maximize) için (▲) işareti, ilgili özelliğe dair çalışmaya müdahale etmemek (target) için (◇) işareti ve ilgili özelliğe dair çalışmayı azaltmak (minimize) için ise (▼) işareti kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında kalite evi tasarlanırken teknik özellikler arasındaki bire bir ilişkilerin belirlenmesi için korelasyon matrisi oluşturulurken üç sembol kullanılmıştır. Burada pozitif ilişki için artı (+) ve negatif ilişki için eksi (-) sembolleri kullanılmıştır. Eğer korelasyon matrisinde teknik özellikler arasında herhangi bir ilişki yoksa ilgili kısım boş bırakılmıştır.

Şekil 10: Teknik Özellikler Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi ve Korelasyon Matrisi

Sütun #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Gelişme Yönü	◇	◇	▲	◇	◇	▲	▲	◇	▲	◇	◇	▲	▲
Teknik/Fonksiyonel Özellikler ve Gereksinimler	Merkezi Olmayan	Dağıtık Defter Teknolojisi	Dijital Kimlik (ID)	Hesap Verebilirlik	Eşler Arası Ağ (P2P)	Akallı Sözleşmeler	Ödeme Ağı	Kayıt Tutana	Şeffaflık ve İzlenebilirlik	Veri Gizliliği Ve Güvenliği	Değişmezlik	Fikir Birliği ve İş Kanıtı (PoW)	Kriptografi ve Hash Fonksiyonu

Şekil 10'da kalite evi tasarımının üçüncü aşaması olan teknik özellikler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon matrisi ile teknik özelliklere ait gelişme yönü belirlenerek kalite evinin çatısına yerleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında belirlenen teknik özelliklerin gelişme yönüne (direction of improvement) dair açıklama yapmak gerekirse aşağıdaki tespitler de bulunulabilir:

- **Merkezi olmayan (decentralization)** diğer adıyla **ademi merkezîyetçilik** teknik özelliği blokzinciri teknolojisine ait en temel özelliklerden bir tanesidir. Burada, kullanıcı katılımıyla oluşturulan veri yapılarının, birbirini tanımayan katılımcıların kontrolü ile birçok farklı kullanıcıya dağıtılmasıdır. Bu yapıda herhangi bir merkezi otorite olmadığı için katılımcılar arasında güven mekanizması sağlanmış olur (Guadamuz ve Marsden, 2015).

Dolayısıyla bu teknik özelliğe ait süreç bütünlüğü net olduğu için gelişme yönü (◇) yani hedefe uygun şekilde belirlenmiştir.

- **Dağıtık defter teknolojisi** teknik özelliği blokzinciri teknolojisi açısından bakıldığında özünde bir fikir birliği yapısıdır. Blokzinciri yapısı da bu özelliğiyle taraflara sabit bir hizmet sunarak merkezi otoriteye gerek kalmadan işlemlerin yapılmasını sağlar (Iansiti ve Lakhani, 2017). Bu yüzden teknik özelliğin mimari yapısı düşünüldüğünde gelişme yönü hedefe uygun (◇) şekilde belirlenmiştir.
- **Dijital kimlik** özelliğini blokzinciri açısından düşündüğümüzde tasarlanacak olan yeni uygulama yapılarındaki bütün paydaşların dijital kimlik tasarımlarının yapılması gerekecektir. Bu durumdan dolayı dijital kimlik ile ilgili yapılacak olan teknik çalışmaların gelişme yönü artırmak (▲) şeklinde belirlenmiştir.
- **Hesap verebilirlik** özelliğine bakıldığında aslında burada tasarlanacak olan blokzinciri yapısındaki paydaşların birbirleri arasındaki işlem ve veri mutabakatları değişmez olduğu için mimari yapının bu özelliği karşıladığı düşünülmüştür. Dolayısıyla bu özelliğin gelişme yönü hedefe uygun (◇) şekilde belirlenmiştir.
- **Eşler arası ağ** özelliği de aynı şekilde blokzinciri teknolojisinin ne şekilde çalıştığı ile sağlam ve güvenli bir yapı olduğunun kanıtıdır. Bu yüzden özelliğin gelişme yönü hedefe uygun (◇) şekilde tespit edilmiştir.
- **Akıllı sözleşmeler** belki de blokzinciri teknolojisinin genel anlamda mimari yapısının ve uygulama potansiyelinin en kapsamlı olduğu süreçlerdir. Ancak burada tasarlanacak olan blokzinciri yapısındaki akıllı sözleşmelerin mimari yapılarının ve yetki durumlarının daha çok geliştirilmesi gerekmektedir. Bu yüzden gelişme yönü artırmak (▲) şeklinde belirlenmiştir.
- **Ödeme ağı** özelliğinin uygulanmasıyla ilgili blokzinciri teknolojisinin çıkış noktası Bitcoin'dir. A'dan B'ye aracısız bir şekilde varlık göndermenin yolu olan bu teknolojinin sektörel anlamda da diğer alanlara uygulanması planlanmaktadır. Ancak tasarlanacak olan bu süreç ve genel mimari ile ilgili eksiklikler söz konusudur. Bu yüzden bu özelliğin gelişme yönü artırmak (▲) şeklinde belirlenmiştir.

- **Kayıt tutma** özelliği blokzincirin dağıtık defter teknolojisi ile örtüşmektedir. Dağıtık defter teknolojisinin fonksiyonellik açısından genel mimari yapısı ve işleyişi sabit olduğu için bu özelliğin gelişme yönü hedefe uygun (◇) şeklinde tespit edilmiştir.
- **Şeffaflık ve izlenebilirlik** özelliği tasarlanacak olan blokzinciri mimari yapısının uygulanacak olan sektöre getireceği en önemli avantajlar ve çözümler arasındadır. Ancak teknolojinin uygulanacağı sektörler için şeffaf ve izlenebilir bir blokzinciri yapısının kurulması son derece önemlidir. Bu yüzden özelliğin gelişme yönü artırmak (▲) şeklinde belirlenmiştir.
- **Veri gizliliği ve güvenliği** özelliği blokzinciri teknolojisinin sunduğu dağıtık defter teknolojisinin kullanılmasıyla yapı içerisindeki katılımcılara sağlanılmaktadır. Yapı içerisindeki herhangi bir değişiklik bütün katılımcılar tarafından onaylanmaktadır ve bu durum da veri güvenliğini artırmaktadır. Bu sebepten dolayı özelliğin gelişme yönü hedefe uygun (◇) şeklinde tespit edilmiştir.
- **Değişmezlik** özelliğini açıklamak gerekirse, blokzinciri yapısı içerisindeki verilerin ve kayıtların silinmesi ya da değiştirilmesi neredeyse hiç mümkün değildir. Burada yapı içerisindeki verilerin tamamının birbirleriyle olan ilişkilerinin şifrelenmesi genel anlamda güvence sağlamaktadır. Dolayısıyla bu özelliğin gelişme yönü hedefe uygun (◇) şeklinde tespit edilmiştir.
- **Fikir birliği ve iş kanıtı (PoW)** özelliğini açıklamak gerekirse, Nakamoto Fikir Birliği yapısı, Bitcoin ile diğer birçok kripto paralar da ve ayrıca İş Kanıtı (PoW) yapılarının çoğunda kullanılan Bizans Hatası Toleranslı (BFT) yapısı altındaki ilk blokzinciri iş kanıtı protokolüdür (Bentov ve diğerleri, 2016). Ancak tasarlanacak olan blokzinciri yapısındaki iş kanıtı protokollerinin genel mimarisi ve izinleri detaylı bir şekilde tasarlanmalıdır. Bu yüzden özelliğin gelişme yönü artırmak (▲) şeklinde belirlenmiştir.
- Son olarak, **kriptografi ve hash fonksiyonu** özelliğini açıklamak gerekirse blokzinciri verileri kaydetmek ve senkronize etmek için kriptografik şifreleme tekniklerini kullanan özel bir dağıtık defter teknolojisi yapısıdır. Blokzincirin bu özelliği süreçlerde ve yapının işleyişinde güven oluşturmaktadır. Ancak son yıllarda sıklıkla bahsedilen kuantum

bilgisayarların kriptografi ve hash fonksiyonlarını kırmasına yönelik olan tehdidi göz geliştirilecek olan blokzinciri yapısında göz önünde bulundurulması gereken önemli bir konudur. Bu yüzden özelliğin gelişme yönü artırmak (▲) şeklinde belirlenmiştir.

Ayrıca, çalışma kapsamında belirlenen teknik özelliklerin birbirleriyle olan ilişkilerinin gösterildiği korelasyon matrisine dair açıklama yapmak gerekirse aşağıdaki tespitler de bulunulabilir:

- Öncelikle, merkezi olmayan özelliği ile dağıtık defter teknolojisi özelliği birbirinden ayıramaz iki bütünleşik kavramlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Dağıtık defter teknolojisi kendi yapısı içerisinde herhangi bir merkezi otoriteye gerek duymadan işlemlerin kaydedilmesine imkan sağlar. Bu yüzden iki özellik arasında pozitif bir ilişki olduğu belirtilmiştir.
- Ayrıca, dağıtık defter teknolojisi özelliği dijital kimlik ve akıllı sözleşmeler özellikleri ile birlikte kullanılabilmeye imkan sağlayan bir yapıya sahiptir. Söz konusu bu durumdan dolayı bu üç özelliğin de birbirleriyle pozitif ilişkiler içerisinde olduğu söylenebilir.
- Merkezi olmayan özelliği ve eşler arası ağ (P2P) özelliği arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Eşler arası ağ özelliğiyle hiçbir merkezi otoriteye gerek kalmadan veri alış verişi ve doğrulaması gerçekleştirilebilir.
- Diğer taraftan, merkezi olmayan ve dağıtık defter teknolojisi özellikleri ile hesap verebilirlik özelliği arasında genel bir açıdan bakıldığında negatif ilişki olduğu söylenebilir. Çünkü herhangi bir otoritenin bulunmadığı bir ekosistemde hesap verebilirlikten de bahsetmek mümkün değildir.
- Bunların dışında, merkezi olmayan ve dağıtık defter teknolojisi özellikleri blokzinciri içerisinde kriptografi ve hash fonksiyonlarını kullanan özel bir şifreleme sistemi ile çalışır. Bu yüzden söz konusu özelliklerin birbirleri arasında pozitif bir ilişki olduğu söylenebilir.
- Akıllı sözleşmeler ile hesap verebilirlik ve ödeme ağı özellikleri arasında pozitif ilişki olduğu söylenebilir. Çünkü blokzinciri ile tasarlanan bir yapı içerisindeki paydaşlar akıllı sözleşmeleri kullanarak hem ödeme ağı hem de

hesap verebilirlik noktasında birbirleriyle çift yönlü bilgi akışı içerisinde olurlar. Bunun neticesinde de ilgili paydaşlar arasında şeffaf ve izlenebilir bir süreç oluşturulmuş olur. Dolayısıyla akıllı sözleşmeler ile şeffaflık ve izlenebilirlik özellikleri arasında da pozitif ilişki olduğu söylenebilir.

- Eşler arası ağ özelliği taraflar arasında güvenilir bir işlem kaydı tutulması ve doğrulanması sağlar. Bu yüzden eşler arası ağ ve kayıt tutma özellikleri arasında pozitif bir ilişki mevcuttur.
- Bazı durumlarda dijital kimliklerin (public ya da private) türlerine göre farklı sorunlar yaşanabilmektedir. Bu yüzden dijital kimlik ile veri gizliliği ve güvenliği özellikleri arasında negatif bir ilişki olduğu söylenebilir.
- Fikir birliği ve iş kanıtı özelliği ile kriptografi ve hash fonksiyonu özellikleri düşünüldüğünde blokzinciri işleyişi içerisinde kriptografik şifreleme tekniklerinin çalışabilmesi için fikir birliği ve iş kanıtı protokollerinin tamamlanması gerekmektedir. Bu yüzden söz konusu özellikler arasında pozitif bir ilişki mevcuttur.
- Eşler arası ağ özelliği taraflar arasında güvenilir ve değişmez bir işlem kaydı tutulması ve doğrulanması sağlar. Söz konusu bu fonksiyonellik eşler arası ağ ve ödeme ağı özellikleri arasında pozitif bir ilişki oluşturmaktadır. Taraflar hiçbir merkezi otoriteye tabi olmadan birbirleri arasında varlık transferi gerçekleştirme imkanı bulurlar.
- Son olarak, akıllı sözleşmelerin genel mimarisine ve işleyişine bakıldığında değişmezlik özelliği ile arasında herhangi bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir.

3.3.4. Aşama 4: 3PL Müşteri Gereksinimleri ile Blokzinciri Teknolojisi Teknik Özellikleri Arasındaki İlişki Matrisinin Belirlenmesi

İlişki matrisindeki öncelikli amaç “3PL işletmelerin gereksinimleri ve beklentileri neler?” şeklinde nitelendirilen müşteri gereksinimleri bölümü ile “3PL müşteri istekleri blokzinciri teknolojiyle nasıl karşılanır?” şeklinde nitelendirilen teknik özellikler bölümleri arasındaki ilişkilerin gücünün ve önem seviyelerinin belirlenmesidir.

Tablo 11: İlişki Matrisinin Derecelendirilmesi ve Kullanılan Semboller

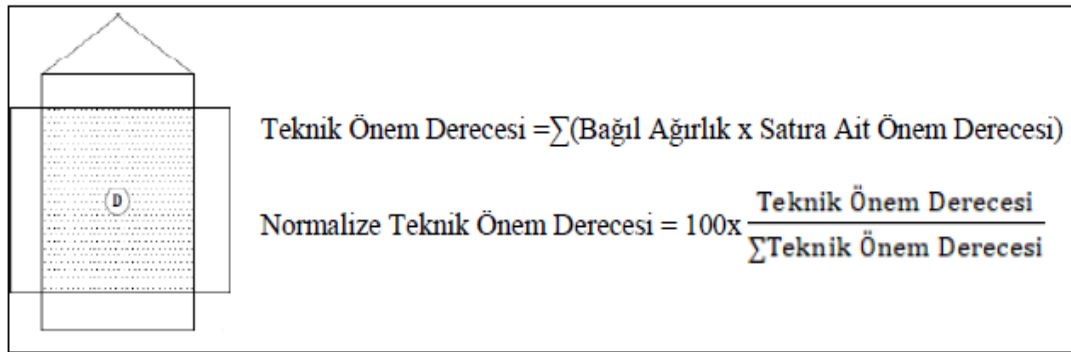
İlişki Düzeyi	Sayısal Değer	Kullanılan Sembol
Güçlü Düzeyde İlişki	9	●
Orta Düzeyde İlişki	3	○
Zayıf Düzeyde İlişki	1	▽
İlişki Yok	0	Hücre Boş Bırakılır

Kaynak: (Bahill ve Chapman, 1993).

Tablo 11’de müşteri gereksinimleri ile teknik özellikler arasındaki ilişki düzeylerini belirlerken kullanılan dört derecelendirme yöntemi ve bunlara ait semboller gösterilmiştir.

Ayrıca, kalite evi kapsamında ilişki matrisi oluşturulurken hesaplanması gereken matematiksel iki kavram söz konusudur. Burada söz konusu bu kavramlar Teknik Önem Derecesi (Mutlak Önem – Technical Importance Rating) ve Normalize Teknik Önem Derecesi (Bağıl Önem – Relative Weight) olarak tanımlanmaktadır.

Şekil 11: KFY Kalite Evi İlişki Matrisi Formülleri



Şekil 11’de Teknik Önem Derecesi ile Normalize Teknik Önem Derecelerine ait hesaplama formülleri ve ilişki matrisinin kalite evi üzerindeki yeri gösterilmiştir (Kelesbayev ve diğerleri, 2016). Çalışmanın bu kısmına ilişki (relationship) matrisinin sonuçları ve değerlendirmeleriyle devam edilmiştir.

Tablo 12: 3PL Müşteri Gereksinimleri İle Blokzinciri Teknolojisi Teknik Özellikler İlişki Matrisi

Satur #	Ağırlık Tablosu	Bağıl Ağırlık	Müşteri Önem Ağırlığı	Maksimum İlişki Derecesi	3PL Müşteri Gereksinimleri (Customer Requirements)	Teknik/Fonksiyonel Özellikler ve Gereksinimler												
						Merkezi Olmayan	Dağıtık Defter Teknolojisi	Dijital Kimlik (ID)	Hesap Verebilirlik	Eşler Arası Ağ (P2P)	Akıl Söleşmeler	Ödeme Ağı	Kayıt Tutma	Şeffaflık ve İzlenebilirlik	Veri Gizliliği Ve Güvenliği	Değişmezlik	Fikir Birliği ve İş Kanıtı (PoW)	Kriptografi ve Hash Fonksiyonu
1	17%	0,68	9	Dijital Büyüme Stratejisi	●	●	●	○	●	●	●	●	○	○	○	○	●	●
2	2%	0,08	9	Gerçek Zamanlı Veri ve Ürün Akışı Görünürlüğü	●	●	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
3	2%	0,1	9	Dijital Belge Yönetimi	●	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	3%	0,13	9	Gümrük İşlemlerinin Sadeleştirilmesi	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5	6%	0,25	9	Tedarik Zincirinde İş Akışı Otomasyonu	●	●	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
6	2%	0,08	9	Ürün Sertifikası ve Özelliklerinin Doğrulanması	○	○	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
7	6%	0,23	9	İşlemlerin Dijital Olarak Depolanması	●	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	3%	0,13	9	IoT ve AI gibi Yeni Teknolojilere Kolay Erişim	○	○	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	6%	0,24	9	Verimlilik Artışı	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	5%	0,2	9	Operasyonel Maliyeti Azaltma	○	●	○	○	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○
11	1%	0,02	9	Operasyonel Verimlilik	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12	1%	0,04	9	Gereksiz Aracıların Ortadan Kaldırılması	●	●	●	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○
13	1%	0,02	9	Veri Mutabakatının Azaltılması	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○
14	7%	0,29	9	Sürdürülebilir Ürün Güvenliği	●	●	●	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○
15	3%	0,13	9	Tedarik Zinciri Süreçlerinde Verimlilik	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
16	3%	0,13	9	Prosesler İçin Maliyet Hesaplaması	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
17	4%	0,17	9	Sevkiyat Hatası ve Gecikmelerinin Azaltılması	●	●	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
18	2%	0,08	9	Tedarik Ağında İlişki Yönetimi	●	●	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
19	1%	0,03	9	Müşteri İlişkileri İçin Gerçek Zamanlı Analiz	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20	1%	0,02	9	Tedarik Ağı Boyunca İşbirliğinin Geliştirilmesi	●	●	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
21	1%	0,06	9	Tedarik Zincirinde Şeffaflık ve İzlenebilirlik	●	●	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
22	2%	0,07	9	Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Güçlendirilmesi	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
23	7%	0,29	9	Nakit Akışı Sorunları ve Ödemelerin Yönetimi	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
24	2%	0,1	9	Yüksek Hassasiyetli Teslim Süresi	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
25	2%	0,07	9	İş Akışı ve İletişim Koordinasyonu	●	●	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
26	5%	0,18	9	Risk Yönetimi ve Süreçlerde Sahteciliği Önleme	●	●	●	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
27	5%	0,18	9	Tedarik Zinciri Güvenilirliğinin Artırılması	●	●	○	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
Maksimum İlişki Derecesi					9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Teknik Önem Derecesi					715	787	671	370	691	780	326	652	528	411	375	620	520	
Bağıl Ağırlık					10%	11%	9%	5%	9%	10%	4%	9%	7%	6%	5%	8%	7%	
Ağırlık Tablosu					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

Tablo 12’de 3PL müşteri gereksinimleri ile blokzinciri teknolojisi teknik özelliklerine ait ilişki matrisi gösterilmiştir. Ayrıca bu matriste müşteri gereksinimlerine ait her bir önem ağırlığı ile bağıl ağırlıkları yüzdesel olarak ifade edilmiştir.

Tablo 12’nin sol kısmına yani kalite evinin ilk tasarlanma aşamasına bakıldığında müşteri gereksinimlerine ait önem ve bağıl ağırlıkları görülmektedir.

Müşteri gereksinimlerine ait önem ağırlıklarına bakıldığında 0,675 önem ağırlığı ile *Dijital Dönüşüm Stratejisinin* 3PL işletmelerinin değerlendirmelerine göre en önemli müşteri gereksinimi olduğu görülmektedir. Bunun devamında müşteri gereksinimleri 0,289 önem ağırlığı ile *Sürdürülebilir Ürün Güvenliği*, 0,286 önem ağırlığı ile *Nakit Akışı Sorunları ve Ödemelerin Yönetimi*, 0,247 önem ağırlığı ile *Tedarik Zincirinde İş Akışı Otomasyonu*, 0,241 önem ağırlığı ile *Verimlilik Artışı* ve 0,233 önem ağırlığı ile *İşlemlerin Dijital Olarak Depolanması* şeklinde sıralanmıştır. Bu sıralamada bulunan müşteri gereksinimlerinin tamamının bağıl ağırlığı da toplam bağıl ağırlığının yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır. 0,2 önem aralığı üzerindeki müşteri gereksinimlerine bakıldığında genellikle iş akışlarının ve süreçlerin dijital olarak yönetilmesi ve depolanmasıyla ilgilidir. Bunun dışında 0,1 ile 0,2 önem aralığı arasında bulunan müşteri gereksinimleri sayısı da 8'dir. 0,1 ile 0,2 önem aralığında bulunan müşteri gereksinimlerinin tamamının bağıl ağırlığı da toplam bağıl ağırlığının yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır. Geriye kalan 13 müşteri gereksinimi de 0,1 önem ağırlığının altında bulunmaktadır. Bu müşteri gereksinimlerinin tamamına ait bağıl ağırlığı da toplam bağıl ağırlığın yaklaşık %30'unu oluşturmaktadır.

Bununla birlikte, her bir müşteri gereksinimi ile teknik özelliklerin belirlenen sembollerle ilişkilendirilmesine dair aşağıdaki tespitler ve değerlendirmeler de bulunulabilir:

- ***Dijital Dönüşüm Stratejisi***, müşteri gereksinimleri içerisinde 0,675 önem ağırlığı ile ilk sırada yer almaktadır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde blokzinciri teknolojisinin merkezi olmayan ve dağıtık defter teknolojisi özellikleri 3PL işletmelerinin iş akışlarını ve süreçlerini dijital olarak yönetebilmesi noktasında önemli özelliklerdir. Bu yüzden matris içerisinde en yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmişlerdir.
- ***Gerçek Zamanlı Veri ve Ürün Akışı Görünürlüğü*** gereksinimi 3PL işletmeler için son derece kritik bir öneme sahiptir. Eğer lojistik ve tedarik zinciri akışı içerisindeki işletme veri ve ürün görünürlüğüne ne kadar ulaşabilir ise süreç ve hizmet bütünlüğünün sağlanması noktasında da bir o kadar güçlü bir yapıya sahip olur. Bu noktada blokzinciri teknolojisinin lojistik ve tedarik zincirinde uçtan uca izlenebilir süreç görünürlüğü

sağlaması göz önünde bulundurulması gereken bir konudur. Bu yüzden eşler arası ile şeffaflık ve izlenebilirlik özellikleri matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmişlerdir.

- ***Dijital Belge Yönetimi*** ihtiyacı aslında blokzinciri teknolojisinin 3PL işletmelere çözüm sunabileceği en geniş alanların başında gelmektedir. İşletmeler söz konusu ihtiyacı mevcutta kullandıkları bilgi teknolojileriyle karşılamaktadır. Ancak burada blokzinciri teknolojisinin merkezi olmayan, dağıtık defter teknolojisi ve dijital kimlik özellikleri ile dijital belge yönetimi noktasında işletmelere daha güvenilir bir ekosistem oluşturma potansiyeli vardır. Dolayısıyla söz konusu özellikler matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmişlerdir. Diğer taraftan ödeme ağı özelliği düşünüldüğünde dijital belge yönetimi gereksinimi açısından birbirleri arasında herhangi bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir.
- ***Gümrük İşlemlerinin Sadeleştirilmesi***, özellikle 3PL işletmeler ve sektöre lojistik anlamda hizmet sunan diğer işletmeler açısından önemli bir gereksinimdir. Bu yüzden blokzinciri teknolojisinin dijital kimlikler üzerinde kullanılması ve kayıt tutma özelliği ile gümrük işlemlerinin sadeleştirilmesi ve daha kolay yönetilmesi hususunda önemli iyileştirmeler yapacağı öngörülmektedir.
- ***Tedarik Zincirinde İş Akışı Otomasyonu*** kapsamında zincirde bulunan paydaşlar arasında tedarik zinciri boyunca çift yönlü veri ürün/malzeme ve para akışı gerçekleşir. Tedarik zincirinin karmaşık yapısı içerisinde iş akışı otomasyonunun sağlanması zordur. Burada merkezi olmayan ve dağıtık defter teknolojisi özellikleri söz konusu otomasyonun sağlanması için işletmelere önemli çözümler sunabilme potansiyeline sahiptir.
- ***Ürün Sertifikası ve Özelliklerinin Doğrulanması*** gereksinimi kapsamındaki süreçler düşünüldüğünde akıllı sözleşmelerin blokzinciri teknolojisiyle birlikte kullanılmasıyla lojistik ve tedarik zinciri boyunca ihtiyaç duyulan ürün sertifikası, soğuk zincirin sağlanması, sıcaklık dereceleri ve sevkiyat bilgileri gibi süreçler daha kolay ve güvenilir bir şekilde sağlanabilecektir. Bu yüzden matriste akıllı sözleşmeler ve eşler arası ağ gibi özellikler yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir. Diğer taraftan ödeme ağı özelliği

düşünüldüğünde ürün sertifikası ve özelliklerinin doğrulanması gereksinimi açısından birbirleri arasında herhangi bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir.

- ***İşlemlerin Dijital Olarak Depolanması*** özelliği blokzinciri teknolojisinin kullanılması noktasında aynı dijital belge yönetimi özelliğın de olduğu gibi merkezi olmayan, dağıtık defter teknolojisi ve dijital kimlik özellikleri ile bire bir örtüşmektedir. Bu yüzden söz konusu özellikler matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.
- ***IoT ve AI gibi Yeni Teknolojilere Kolay Erişim*** sadece 3PL işletmeler açısından değil sektörde yer alan diğer çoğu işletme açısından da önem arz etmektedir. Çünkü genel anlamda blokzinciri teknolojisi uygulama anlamında ne kadar fazla teknoloji ve sistemle entegre edilebilirse o kadar fazla verimlilik sağlayabilme potansiyeline sahiptir. Bu yüzden blokzinciri teknolojisinin birlikte çalışabilirlik (interoperability) kavramı düşünüldüğünde eşler arası ağ ve dijital kimlik özellikleri matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir. Ancak değişmezlik özelliği düşünüldüğünde söz konusu müşteri gereksinimi ile birbirleri arasında herhangi bir ilişki olmadığı tespit edilmiştir.
- ***Verimlilik Artışı*** müşteri gereksinimleri içerisinde 0,241 önem ağırlığı ile beşinci sırada yer almaktadır. Ayrıca bu gereksinim 3PL işletmeler için kurumsal anlamda sağlamaları gereken önemli süreçlerden birisidir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde blokzinciri teknolojisinin merkezi olmayan ve dağıtık defter teknolojisi özellikleri 3PL işletmelerinin iş akışları ve süreçlerin de verimlilik artışı sağlanabilmesi için önemli özelliklerdir. Bu yüzden ilgili özellikler matris içerisinde en yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmişlerdir.
- ***Operasyonel Maliyeti Azaltma*** ihtiyacı sadece 3PL işletmeler açısından değil sektörde bulunan diğer bütün işletmeler açısından da önem arz etmektedir. Bu yüzden blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmelerde kullanılmasıyla birlikte lojistik ve tedarik zinciri süreçleri daha kolay ve güvenilir bir şekilde yönetilebilecek ve bu sayede operasyonel maliyetler azaltılabilecektir. Söz konusu özellik matriste en yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.

- **Operasyonel Verimlilik** özelliği de aynı şekilde Verimlilik Artışı özelliği gibi 3PL işletmeler açısından iş süreçlerinin yönetilmesi için son derece önemlidir. Burada dağıtık defter teknolojisi, eşler arası ağ ve dijital kimlik gibi özellikleriyle blokzinciri teknolojisinin 3PL işletmelerde kullanılmasıyla operasyonel verimliliğin artacağı öngörülmektedir. Bu yüzden ilgili özellikler matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.
- **Aracaların Ortadan Kaldırılması** ihtiyacına yönelik genel değerlendirmeler yapıldığında, lojistik ve tedarik zinciri boyunca sürece olan etkisi az veya çok birçok paydaş bulunmaktadır. Bu paydaşlar aşama aşama süreçlere ve iş akışlarına dahil olarak gerekli fonksiyonlarını yerine getirirler. Burada ki karmaşık tedarik zinciri yapısı düşünüldüğünde süreç boyunca yüksek maliyetli araçların da bulunduğu bilinmektedir. Söz konusu bu araçların ortadan kaldırılması için blokzinciri teknolojisi eşler arası ağ, akıllı sözleşmeler ve fikir birliği gibi özellikleriyle büyük çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Bu yüzden ilgili özellikler matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.
- **Veri Mutabakatının Azaltılması** gereksinimi düşünüldüğünde lojistik ve tedarik zinciri yapısı içerisinde her gün milyonlarca veri ve işlem mutabakatı gerçekleşmektedir. Zincir içerisindeki paydaşlar birbirleriyle olan veri ve işlem akışlarını gerçekleştirirken doğrulama, yönlendirme ve kontrol etme gibi süreçlerde zaman kayıpları yaşamakta ve aynı zamanda yüksek maliyetlerle karşılaşabilmektedir. Bu yüzden blokzinciri teknolojisinin değişmezlik, dağıtık defter teknolojisi, eşler arası ağ ve fikir birliği gibi özellikleri veri mutabakatlarının azaltılması noktasında lojistik ve tedarik zinciri süreçlerine büyük çözümler sağlayabilme potansiyeline sahiptir.
- **Sürdürülebilir Ürün Güvenliği** müşteri gereksinimleri içerisinde 0,289 önem ağırlığı ile ikinci sırada yer almaktadır. Bu kapsamda blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmeler de kullanılmasıyla ürünlerin ilk üretildikleri noktalardan son tüketim noktalarına kadar geçen süredeki aşamaların kontrol edilmesi, ürün sertifikasyonlarının doğrulanması ve ürün güvenliğinin, sağlanması açısından çözümler sunabilme potansiyeline sahiptir. Bu yüzden ilgili özellikler matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.

- ***Tedarik Zinciri Süreçlerinde Verimlilik*** aynı Verimlilik Artışı ve Operasyonel Verimlilik özelliklerinde olduğu gibi 3PL işletmeler açısından lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinin yönetilmesi için son derece önemlidir. Burada dağıtık defter teknolojisi, merkezi olmayan ve akıllı sözleşmeler gibi özellikleriyle blokzinciri teknolojisinin 3PL işletmelerde kullanılmasıyla lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde verimliliğin artacağı öngörülmektedir. Bu yüzden ilgili özellikler matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.
- ***Prosesler İçin Maliyet Hesaplaması*** ihtiyacı düşünüldüğünde blokzinciri teknolojisinin kayıt tutma özelliği ile gerekli süreçlere ait maliyet hesaplamalarının daha doğru ve güvenilir bir şekilde yapılabileceği öngörülmektedir. Bunun dışında blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmeler de kullanılmasıyla süreçlere dair maliyetlerin daha rahat belirlenip hesaplamalar yapılması düşünülmektedir. Ancak bu süreç ile ilgili tasarlanacak olan mimari yapı için akıllı sözleşmeler tarafında daha net çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu yüzden ilgili özelliğe ait önem ağırlığı matriste orta önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.
- ***Sevkiyat Hatası ve Gecikmelerinin Azaltılması*** ile ilgili gereksinimler 3PL işletmeler ile sektörde faaliyet gösteren diğer işletmelerin de sıklıkla yaşadığı hususlardan birisidir. Denizyolu konteyner taşımacılığı yapan bir gemi hattı şirketi düşünüldüğünde her gün binlerce koyturner teslimatı yapmaktadır. Ancak bu sürecin doğası gereği karmaşık yapısından dolayı zaman zaman gecikmeler ve sevkiyat hataları yaşanabilmektedir. Bu noktada blokzinciri teknolojisinin dağıtık defter teknolojisi, fikir birliği ve eşler arası ağ özellikleri düşünüldüğünde yaşanan sevkiyat hatalarına ve gecikmelerine çözümler sunması beklenmektedir. Bu yüzden ilgili özelliklere ait önem ağırlıkları matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.
- ***Tedarik Ağında İlişki Yönetimi*** özelliği düşünüldüğünde lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde yer alan paydaşlarla olan kurumsal ve operasyonel ilişkiler iş akışlarının sürdürülebilirliği için son derece önem arz etmektedir. Burada blokzinciri teknolojisinin süreçlerde kullanılmasıyla akıllı sözleşmeler, dağıtık defter teknolojisi ve eşler arası ağ gibi özelliklerle

tedarik ağında ilişki yönetimi konusunda çözümler sunacağı düşünülmektedir. Bu yüzden ilgili özelliklere ait önem ağırlıkları matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.

- **Müşteri İlişkileri İçin Gerçek Zamanlı Analiz** ihtiyacı sadece 3PL işletmeler için değil sektörde faaliyet gösteren bütün işletmeler için de büyük önem arz etmektedir. Bir 3PL işletme ya da taşıma işleri komisyoncusu (freight forwarder) düşünüldüğünde mevcut müşteri ilişkilerini yönetirken iş akışlarına dair gerçek zamanlı analizler yapmalı ve bu analizlere anlamlı yorumlar katarak müşterilerine sunulmalıdır. Aslında işletmeler burada süreçleriyle ilgili veri analitiği yaparak müşterilerine hizmet sunmak isterler. İşte bu noktada blokzinciri teknolojisi merkezi olmayan ve dağıtık defter teknolojisi özellikleriyle müşterilerine büyük çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Bu yüzden ilgili özelliklere ait önem ağırlıkları matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.
- **Tedarik Ağı Boyunca İşbirliğinin Geliştirilmesi** özelliği aynı Tedarik Ağında İlişki Yönetimi özelliği gibi lojistik ve tedarik zinciri süreçlerinde yer alan paydaşlarla olan kurumsal işbirliklerinin geliştirilmesi organizasyonel büyüme açısından son derece önem arz etmektedir. Bu noktada blokzinciri teknolojisinin iş akışlarında kullanılmasıyla akıllı sözleşmeler ve eşler arası ağ gibi özelliklerle tedarik ağında işbirliğinin geliştirilmesi konusunda çözümler sunacağı düşünülmektedir. Bu yüzden ilgili özelliklere ait önem ağırlıkları matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, Tedarik Ağı Boyunca İşbirliğinin Geliştirilmesi gereksinimi ile değişmezlik özelliğine bakıldığında aralarında güçlü bir ilişki görülmediği için ilgili özelliğe ait önem ağırlığı matriste düşük önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.
- **Tedarik Zincirinde Şeffaflık ve İzlenebilirlik** ihtiyacı genel anlamda düşünüldüğünde şeffaf ve izlenebilir bir lojistik ve tedarik zinciri yapısının kurulması zincir içerisindeki bütün paydaşlar için kritik öneme sahiptir. Bu noktada tedarik zinciri boyunca çift yönlü gerçekleşen veri, ürün/malzeme ve para akışı için şeffaf ve izlenebilir bir süreç bütünlüğünün oluşturulması önemlidir. Söz konusu şeffaf ve izlenebilir yapının oluşturulması için blokzinciri teknolojisinin fikir birliği ve dağıtık defter teknolojisi özellikleri

çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Bu yüzden ilgili özelliklere ait önem ağırlıkları matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.

- ***Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Güçlendirilmesi*** özelliği aynı Sürdürülebilir Ürün Güvenliği gereksinimi gibi 3PL işletmeler için kritik öneme sahiptir. Bu kapsamda blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmeler de kullanılmasıyla ürünlerin üretim noktalarından son tüketim noktalarına kadar geçen süredeki aşamaların kontrol edilmesi, ürün güvenliğinin, tazeliğinin, kalite kontrol süreçlerinin ve gerekli sıcaklık derecelerinin korunması açısından çözümler sunabilme potansiyeline sahiptir. Ayrıca gıda güvenliğinin blokzinciri teknolojisi kullanılarak sağlanmasında kriptografik şifreleme ve hash fonksiyonlarının da kullanılması süreci daha güçlü bir yapıya dönüştürmekte ve güvenli kılmaktadır. Bu yüzden ilgili özellikler matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.
- ***Nakit Akışı Sorunları ve Ödemelerin Yönetimi*** ihtiyacı finansal açıdan hem 3PL işletmeleri hem de sektörde faaliyet gösteren diğer işletmeleri etkileyen önemli bir durumdur. Bu noktada blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmelerde kullanılmasıyla ekosistem içerisindeki paydaşların tabi oldukları akıllı sözleşmelerin kurallarına göre hareket etmeleri ve sorumluluklarını yerine getirmeleri kaçınılmaz olacaktır. Bu noktada blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmeler de kullanılması değerlendirilmesi gereken önemli bir konudur. Ayrıca burada blokzinciri teknolojisinin çıkış noktası olan ödeme ağı özelliğinin de ilerleyen süreçlerde oluşturulacak olan ödeme ağı platformuyla finansal işlemlerin doğrulanması hususunda etkili çözümler getirecektir. Bu yüzden ilgili özellikler matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.
- ***Yüksek Hassasiyetli Teslim Süresi*** ihtiyacı lojistik hizmet sağlayıcı işletmelerden beklenen en önemli gereksinim olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu noktada blokzinciri teknolojisinin diğer birçok gereksinim de olduğu gibi akıllı sözleşmeler de kullanılmasıyla sektörel açıdan çözümler sağlanacağı düşünülmektedir. Bu yüzden ilgili özellikler matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, Yüksek Hassasiyetli Teslim Süresi gereksinimi ile veri gizliliği ve güvenliği özelliğine bakıldığında aralarında

herhangi bir ilişki görülmediği için ilgili özelliğe ait önem ağırlığı matriste herhangi bir önem derecesiyle ilişkilendirilmemiştir.

- ***İş Akışı ve İletişim Koordinasyonu*** özelliği aynı Tedarik Ağı Boyunca İşbirliğinin Geliştirilmesi gereksinimin de olduğu gibi lojistik ve tedarik zinciri iş akışların da yer alan paydaşlarla olan kurumsal iletişim koordinasyonunun sağlanması sürdürülebilir hizmet sunumu açısından son derece önemlidir. Bu noktada blokzinciri teknolojisinin iş akışı ve iletişim koordinasyonun da kullanılmasıyla fikir birliği, akıllı sözleşmeler ve eşler arası ağ gibi özelliklerle sağlanılmak istenilen hususlar çözümler sunacağı düşünülmektedir. Bu yüzden ilgili özelliklere ait önem ağırlıkları matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.
- ***Risk Yönetimi ve Süreçlerde Sahteciliği Önleme*** özelliği ürün ve hizmet sunumu süreçleri ile lojistik ve tedarik zinciri süreçlerin de karşılaşılan önemli sorunlardır. Bu noktada blokzinciri teknolojisinin kriptografik şifreleme ve hash fonksiyonları özellikleriyle süreç güvenliği sağlanabilmektedir. Bu yüzden ilgili özelliklere ait önem ağırlıkları matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, Risk Yönetimi ve Süreçlerde Sahteciliği Önleme gereksinimi ile ödeme ağı özelliğine bakıldığında aralarında güçlü bir ilişki görülmediği için ilgili özelliğe ait önem ağırlığı matriste düşük önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.
- ***Tedarik Zinciri Güvenilirliğinin Artırılması*** özelliği aynı Risk Yönetimi ve Sahteciliği Önleme gereksinimin de olduğu gibi sağlanması gereken hususların başında gelmektedir. Bu noktada blokzinciri teknolojisinin kriptografik şifreleme ve hash fonksiyonları özelliklerini aynı şekilde tedarik zincirinde güvenilirliğin sağlanmasına dair kullanılması süreç bütünlüğü açısından önemlidir. Bu yüzden ilgili özelliklere ait önem ağırlıkları matriste yüksek önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, Tedarik Zinciri Güvenilirliğinin Artırılması gereksinimi ile ödeme ağı özelliğine bakıldığında aralarında güçlü bir ilişki görülmediği için ilgili özelliğe ait önem ağırlığı matriste düşük önem derecesiyle ilişkilendirilmiştir.

Tablo 13: Blokzinciri Teknolojisi Özellikleri Teknik Önem Dereceleri

Teknik Özellik	Teknik Önem Derecesi	Bağlı Ağırlık
Dağıtık Defter Teknolojisi	787,1	% 11
Akıllı Sözleşmeler	779,6	% 10
Merkezi Olmayan	715	% 10
Eşler Arası Ağ	690,7	% 9
Dijital Kimlik (ID)	670,7	% 9
Kayıt Tutma	652,3	% 9
Fikir Birliği ve İş Kanıtı (PoW)	620,2	% 8
Şeffaflık ve İzlenebilirlik	528,4	% 7
Kriptografi ve Hash Fonksiyonları	520,4	% 7
Veri Gizliliği ve Güvenliği	410,5	% 6
Değişmezlik	374,7	% 5
Hesap Verebilirlik	369,8	% 5
Ödeme Ağı	326,4	% 4

Tablo 13'te kalite evi kapsamında hesaplanan blokzinciri teknolojisi özelliklerine ait teknik önem dereceleri ve bağlı ağırlıkları en yüksek önem derecesinden başlanarak gösterilmiştir.

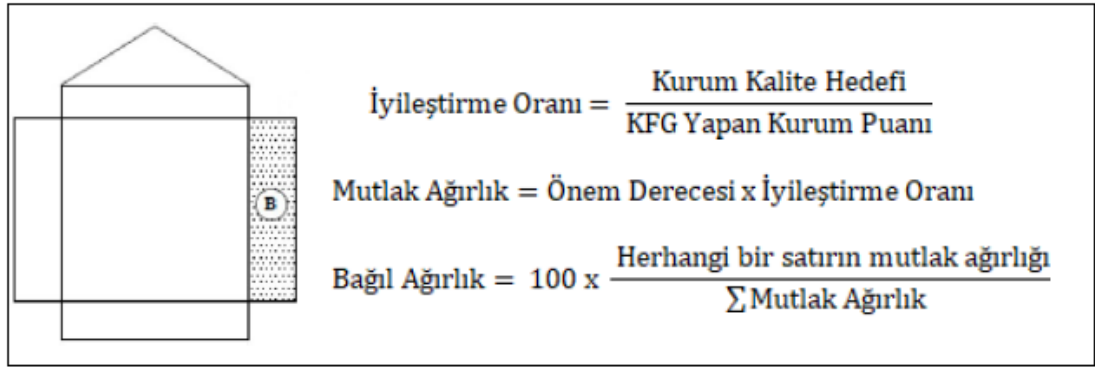
Burada hesaplanan teknik önem derecelerine bakıldığında 787,1 teknik önem derecesiyle *Dağıtık Defter Teknolojisi* özelliği teknik önem dereceleri içerisinde ilk sırada yer almaktadır. Aslında bu teknik özelliğin önem derecesine bakıldığında özelliğin blokzinciri teknolojisinin en temel ve çekirdek özelliklerinin başında geldiği kanıtı gösterilmiş olmaktadır. 3PL işletmelerin müşteri gereksinimlerinin karşılanması adına tasarlanması planlanan ekosistem içerisinde dağıtık defter teknolojisi özelliğinin yeri ve fonksiyonu son derece önemlidir. Bununla birlikte, 779,6 teknik önem derecesiyle *Akıllı Sözleşmeler* özelliği teknik önem dereceleri içerisinde ikinci sırada yer almaktadır. Akıllı sözleşmelerin teknik mimarisi düşünüldüğünde belki de blokzinciri teknolojisinin uygulanma potansiyeli olarak en güçlü alanlardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.3.5. Aşama 5: Planlama Matrisinin Oluşturulması ve Müşteri Gereksinimleri Referans Değerlendirmesi

Çalışmanın bu aşamasında belirlenen müşteri gereksinimleri için işletme kalite hedefleri, KFY kapsamında tasarlanacak olan blokzinciri sistemine ait işletme puanları, müşteri gereksinimleri açısından referanslarına ait önem seviyeleri, iyileştirme oranları, mutlak ağırlık ve bağlı ağırlık değerleri hesaplanarak elde edilen sonuçlar kalite evine aktarılmıştır.

Planlama matrisi belirlenen referans teknolojiler arasında karşılaştırmalar ve değerlendirmeler yapılabilmesi için önemli bir aşamadır. Burada müşteri gereksinimlerine ait önem derecelerini belirlemek için (1 - önemi yok) ve (5 - çok önemli) şeklinde 1 – 5 skalası arasında puanlar verilerek ağırlıklandırmalar yapılmıştır.

Şekil 12: Kalite Evi Planlama Matrisinde Kullanılan Formüller



Kaynak: (Güllü ve Ulcay, 2002).

Tasarlanan kalite evi için gerekli olan tüm değerlerinin belirlenmesinin ardından matematiksel teknikler kullanılarak iyileştirme oranı, mutlak ağırlık ve bağıl ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamaları yapmak için gerekli olan formüller Şekil 12’de gösterilmiştir. Çalışmanın devamında söz konusu bu değerlere ait hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Tablo 14: Blokzinciri Teknolojisi Özellikleri Teknik Önem Dereceleri

Müşteri Gereksinimi	İşletme Kalite Hedefi	KFY İşletme Puanı	Referans #1 ERP	Referans #2 EDI	İyileştirme Oranı	Mutlak Ağırlık	Bağıl Ağırlık
Dijital Dönüşüm Stratejisi	5	5	4	3	1	0,68	13,2%
Gerçek Zamanlı Veri ve Ürün Akışı Görünürlüğü	5	5	4	4	1	0,08	1,59%
Dijital Belge Yönetimi	5	5	4	4	1	0,10	1,90%
Gümrük İşlemlerinin Sadeleştirilmesi	5	4	2	3	1,25	0,17	3,23%
Tedarik Zincirinde İş Akışı Otomasyonu	5	3	5	3	1,67	0,41	8,07%
Ürün Sertifika ve Özelliklerinin Doğrulanması	5	4	3	3	1,25	0,09	1,84%

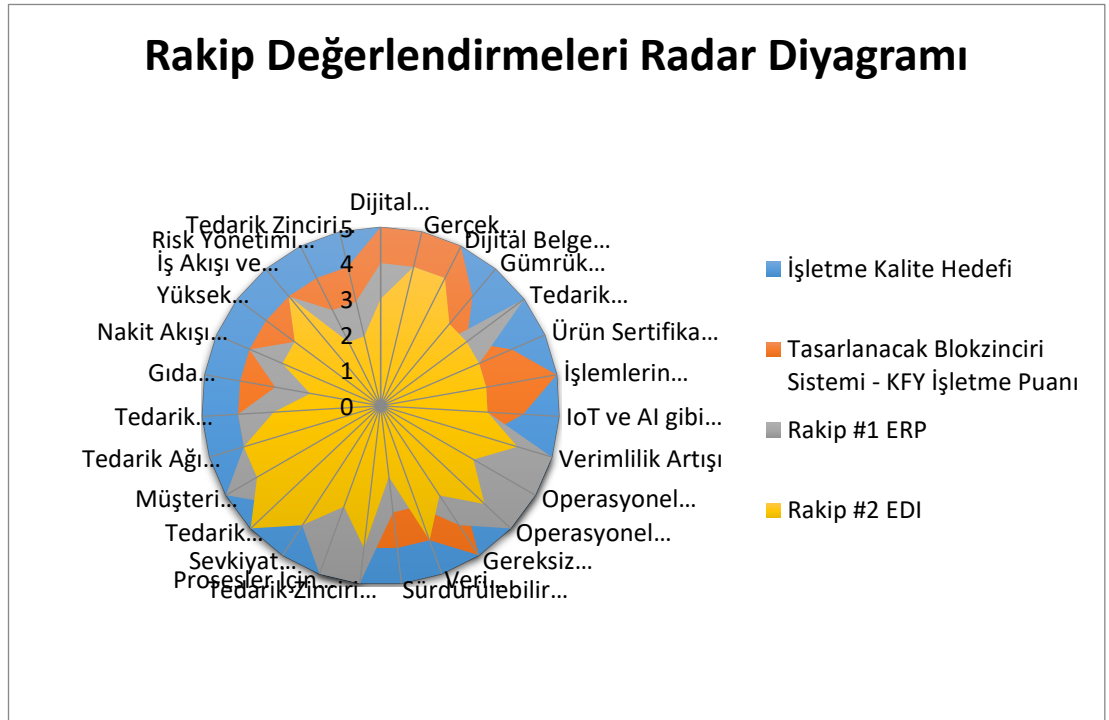
Müşteri Gereksinimi	İşletme Kalite Hedefi	KFY İşletme Puanı	Referans #1 ERP	Referans #2 EDI	İyileştirme Oranı	Mutlak Ağırlık	Bağıl Ağırlık
İşlemlerin Dijital Olarak Depolanması	5	5	3	3	1	0,23	4,57%
IoT ve AI gibi Yeni Teknolojilere Kolay Erişim	5	4	3	3	1,25	0,17	3,28%
Verimlilik Artışı	5	3	5	4	1,67	0,40	7,87%
Operasyonel Maliyeti Azaltma	5	4	5	3	1,25	0,25	4,85%
Operasyonel Verimlilik	5	3	5	4	1,67	0,04	0,78%
Aracıların Ortadan Kaldırılması	5	5	4	3	1	0,04	0,86%
Veri Mutabakatının Azaltılması	5	4	3	4	1,25	0,03	0,56%
Sürdürülebilir Ürün Güvenliği	5	4	3	2	1,25	0,36	7,08%
Tedarik Zinciri Süreçlerinde Verimlilik	5	4	5	4	1,25	0,16	3,06%
Prosesler İçin Maliyet Hesaplaması	5	2	5	3	2,5	0,32	6,17%
Sevkiyat Hatası ve Gecikmelerinin Azaltılması	5	4	4	4	1,25	0,22	4,21%
Tedarik Ağında İlişki Yönetimi	5	4	4	5	1,25	0,11	2,06%
Müşteri İlişkileri İçin Gerçek Zamanlı Analiz	5	3	5	4	1,67	0,06	1,11%
Tedarik Ağı Boyunca İşbirliğinin Geliştirilmesi	5	4	4	4	1,25	0,03	0,56%
Tedarik Zincirinde Şeffaflık ve İzlenebilirlik	5	4	4	3	1,25	0,07	1,37%
Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Güçlendirilmesi	5	4	3	2	1,25	0,08	1,59%
Nakit Akışı Sorunları ve Ödemelerin Yönetimi	5	4	4	3	1,25	0,36	7,00%
Yüksek Hassasiyetli Teslim Süresi	5	4	3	3	1,25	0,12	2,40%
İş Akışı ve İletişim Koordinasyonu	5	4	4	4	1,25	0,09	1,81%
Risk Yönetimi ve Süreçlerde Sahteciliği Önleme	5	4	3	2	1,25	0,23	4,43%
Tedarik Zinciri Güvenilirliğinin Artırılması	5	4	3	2	1,25	0,23	4,51%

Tablo 14’te kalite evi planlama matrisi kapsamında her bir 3PL müşteri gereksinimine ait işletme kalite hedefi ve KFY kapsamında işletme puanı yani tasarlanacak olan blokzinciri sistemine (our blockchain product) ait işletme puanları belirlenmiştir. Ardından elde edilen verilerle gerekli formüller kullanılarak öncelikle iyileştirme oranları ve sonrasında da mutlak ağırlık ile bağıl ağırlık değerleri hesaplanarak tabloya eklenmiştir.

Ardından kalite evi kapsamında 3PL işletmeler için tasarlanılması planlanan blokzinciri sistemi ile belirlenen 2 farklı referans teknoloji arasında rekabet analizi yapılmıştır. Blokzinciri teknolojisine karşın referans sistemler ve teknolojiler belirlenirken tedarik zinciri ve lojistik sektörlerinde ki kullanım yaygınlıkları, fonksiyonel açıdan sundukları özellikler ve çözümler, görüşme gerçekleştirilen 3PL işletmelerden elde edilen bulgular ve literatürden elde edilen sektörel kaynaklar göz önünde bulundurulmuştur.

Bu kapsamda birinci referans sistem Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning – ERP) ve ikinci referans sistem de Elektronik Veri Değişimi (Electronic Data Interchange – EDI) şeklinde belirlenmiştir. Belirlenen bu referans sistemlerin blokzinciri teknolojisi ile benzer iş akış fonksiyonları ve özelliklerine sahip olduğu bilinmektedir.

Şekil 13: Müşteri Gereksinimine Göre Referans Değerlendirmelerinin Radar Diyagramında Gösterimi



Şekil 13'te 3PL müşteri gereksinimlerine göre tasarlanacak olan blokzinciri sistemi ile referans sistemler olan ERP ve EDI teknolojilerine ait önem ağırlıkları radar diyagramında gösterilmiştir. Elde edilen tespitler ve bulgular neticesinde radar diyagramını yorumlamak gerekirse aşağıdaki değerlendirmelerde bulunulabilir:

- EDI sisteminin, 3PL müşteri gereksinimlerini karşılaması açısından blokzinciri teknolojisi ve ERP sistemleriyle kıyaslandığında radar diyagramında daha dar bir alanda konumlanmıştır. Hatta EDI sisteminin ERP sistemine göre çoğu aşamada müşteri gereksinimleri ağırlıklarının değerlendirilmesi açısından radar diyagramında daha dar bir alanda konumlandığı söylenebilir. Ancak, EDI sisteminin blokzinciri teknolojisine göre müşteri gereksinimlerinin karşılanması açısından radar diyagramında daha geniş alanlarda konumlandığı aşamalar da mevcuttur. EDI sisteminin blokzinciri teknolojisine göre müşteri gereksinimlerini karşılama noktasında daha üstün olduğu gereksinimler operasyonel verimlilik, verimlilik artışı, prosesler için maliyet hesaplaması ve müşteri ilişkileri için gerçek zamanlı analiz şeklinde sıralanabilir.
- ERP sisteminin, 3PL müşteri gereksinimlerini karşılaması açısından EDI sistemleriyle kıyaslandığında çoğu gereksinim için radar diyagramında daha geniş bir alanda konumlandığı söylenebilir. Bununla birlikte blokzinciri teknolojisi ile ERP sistemini radar diyagramındaki konumlarına göre karşılaştırdığımızda çoğu gereksinime göre blokzinciri teknolojisinin ERP sistemine göre radar diyagramında daha geniş alanda konumlandığı görülmektedir. Ancak, ERP sisteminin blokzinciri teknolojisine göre müşteri gereksinimlerinin karşılanması açısından radar diyagramında daha geniş alanlarda konumlandığı aşamalar da mevcuttur. ERP sisteminin blokzinciri teknolojisine göre müşteri gereksinimlerini karşılama noktasında daha üstün olduğu gereksinimler tedarik zincirinde iş akışı otomasyonu, operasyonel verimlilik, verimlilik artışı, operasyonel maliyeti azaltma, prosesler için maliyet hesaplaması, tedarik zinciri süreçlerinde verimlilik ve müşteri ilişkileri için gerçek zamanlı analiz şeklinde sıralanabilir.

3.3.6. Aşama 6: Teknik Özellikler Referans Değerlendirmesi

Çalışmanın bu aşamasında belirlenen teknik özelliklere ait önem seviyelerinin tasarlanılması planlanan blokzinciri teknoloji ile karşılaştırılması açısından referans teknoloji değerlendirmeleri ve analizleri yapılmıştır. Daha sonra elde edilen sonuçlar kalite evine aktarılmıştır.

Kalite evinin son aşaması olan teknik özellikler planlama matrisi belirlenen referans teknolojiler arasında teknik özellikler açısından göreceli karşılaştırmalar ve değerlendirmeler yapılabilmesi için önemli bir yere sahiptir. Burada müşteri gereksinimlerine ait önem derecelerini belirlemek için yine (1 - önemi yok) ve (5 - çok önemli) şeklinde 1 – 5 skalası arasında puanlar verilerek ağırlıklandırmalar yapılmıştır.

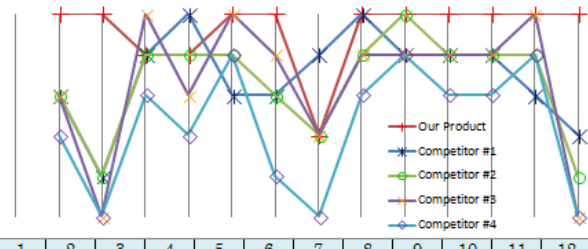
Ardından kalite evi kapsamında 3PL işletmeler için tasarlanılması planlanan blokzinciri sistemi ile belirlenen 4 farklı referans sistem arasında teknik özellikler açısından rekabet analizi yapılmıştır.

Blokzinciri teknolojisine karşın referans sistemler ve teknolojiler teknik özellikler açısından belirlenirken tedarik zinciri ve lojistik sektörlerinde ki kullanım sıklıkları, fonksiyonellik açısından sahip oldukları özellikler ve çözümler, görüşme gerçekleştirilen 3PL ve teknoloji üreticisi işletmelerden elde edilen bulgular ile literatürden elde edilen kaynaklar göz önünde bulundurulmuştur.

Bu kapsamda birinci referans sistem Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning – ERP), ikinci referans sistem Elektronik Veri Değişimi (Electronic Data Interchange – EDI), üçüncü referans sistem Nesnelerin İnterneti (Internet of Things – IoT) ve dördüncü referans sistem de Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification – RFID) şeklinde belirlenmiştir. Belirlenen bu referans sistemlerin sundukları çözümler noktasında blokzinciri teknolojisi ile benzer iş akış fonksiyonları ve özelliklerine sahip olduğu bilinmektedir.

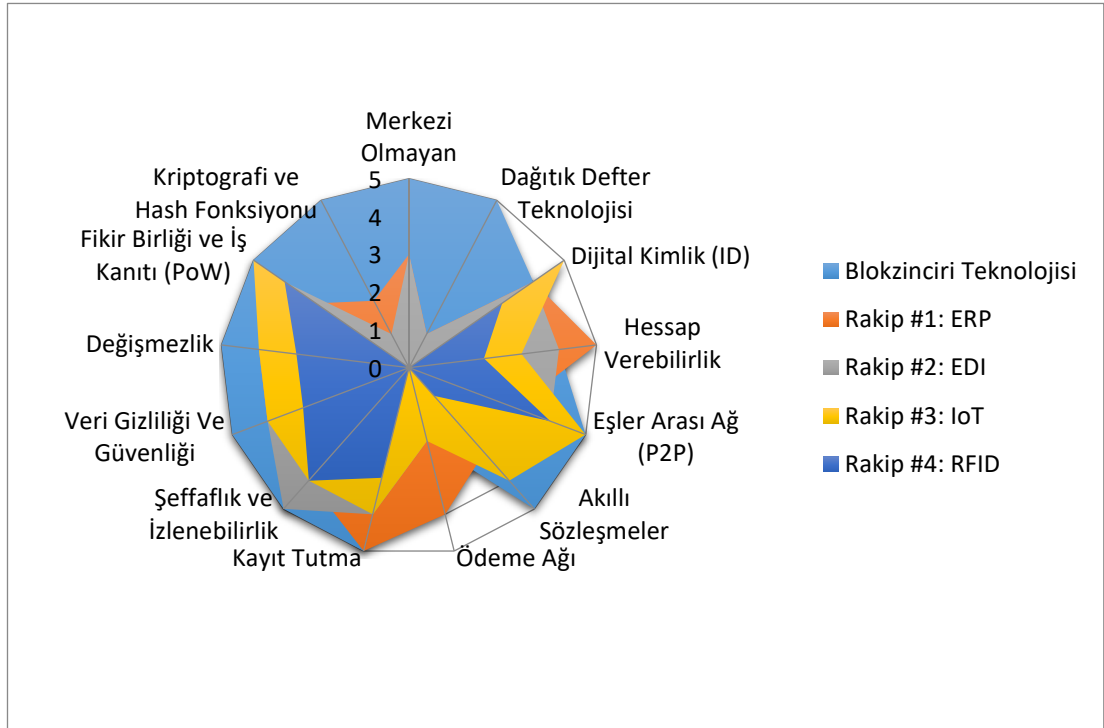
Tablo 15: Teknik Özelliklere Göre Referans Teknoloji Değerlendirmesi

Teknik Özellikler Rakip Değerlendirmesi	Teknik/Fonksiyonel Özellikler ve Gereksinimler												
	Merkezi Olmayan	Dağıtık Defter Teknolojisi	Dijital Kimlik (ID)	Hesap Verebilirlik	Eşler Arası Ağ (P2P)	Akıllı Sözleşmeler	Ödeme Ağı	Kayıt Tutma	Şeffaflık ve İzlenebilirlik	Veri Gizliliği Ve Güvenliği	Değişmezlik	Fikir Birliği ve İş Kanıtı (PoW)	Kriptografi ve Hash Fonksiyonu
Blokzinciri Teknolojisi	5	5	4	4	5	5	2	5	5	5	5	5	5
Rakip #1: ERP	3	1	4	5	3	3	4	5	4	4	4	3	2
Rakip #2: EDI	3	1	4	4	4	3	2	4	5	4	4	4	1
Rakip #3: IoT	3	0	5	3	5	4	2	4	4	4	4	5	0
Rakip #4: RFID	2	0	3	2	4	1	0	3	4	3	3	4	0



Bu kapsamda Tablo 15’te belirlenen teknik özelliklere göre blokzinciri teknolojisinin ERP, EDI, IoT ve RFID teknolojileri ile karşılaştırmalı referans teknoloji değerlendirmeleri yapılarak dağılım grafikleri gösterilmiştir.

Şekil 14: Teknik Özelliklere Göre Referans Teknoloji Değerlendirmelerinin Radar Diyagramında Gösterimi



Şekil 14'te ise teknik özelliklere göre blokzinciri teknolojisinin ERP, EDI, IoT ve RFID teknolojileri ile karşılaştırmalı referans değerlendirmeleri yapılarak radar diyagramına aktarımı gösterilmiştir. Bu diyagram ile farklı teknolojiler ile blokzinciri teknolojisinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu kapsamda teknik özellikler referans değerlendirmelerinin Tablo 15 ve Şekil 14'te bulunan tespitler ve bulgular neticesinde sırasıyla yorumlanması gerekirse aşağıdaki değerlendirmelerde bulunulabilir. Bu değerlendirmeler her bir teknoloji özelinde ayrı ayrı yapılmıştır:

- Öncelikle *ERP sistemiyle* başlamak gerekirse, işletmelerde mal ve hizmet üretmek için ihtiyaç duyulan insan kaynağı, teçhizat, makine, hammadde gibi kaynakların daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayan ve kapsamlı bir yönetim sistemler bütünü olan ERP, işletmelerin bütün veri ve işlemlerini bir araya getirmeye yardımcı olur. Tüm bu süreçleri ve fonksiyonları gerçekleştirirken ERP sistemi blokzinciri teknolojisinin merkezi olmayan, dağıtık defter teknolojisi, kriptografi ve hash fonksiyonları gibi çekirdek özellikleri dışındaki diğer çoğu özelliği ile benzer fonksiyonlar gösterir. Bahsedildiği gibi ERP sistemi radar diyagramında blokzinciri teknolojisinin çekirdek özellikleri dışında benzer alanlarda konumlandığı görülmektedir. ERP sisteminin çalışma mantığının da blokzinciri teknolojinin de olduğu gibi dağıtık defter teknolojisi ve eşler arası ağ ile kriptografik şifreleme teknikleri kullanılmaz. Bu kapsamda ERP sistemlerin de işletmeler için geliştirilen belirli yazılım ve donanımlarla birlikte farklı verilerin depolanabildiği bütünlük veritabanları kullanılır. Söz konusu iki teknoloji arasındaki fonksiyonellik ve teknik özellikler açısından bilinen bu farklılıklar radar diyagramında gösterilmiştir.
- Diğer yandan *EDI sistemleri*, organizasyonlar arasında veri ve bilgi paylaşımı ile değişim potansiyeli olan bir haberleşme yapısı kullanarak, bilgisayarlar arasında elektronik ortamda veri ve bilgi paylaşımının yapılmasına imkan sağlayan teknolojilerdir. Bütün bu veri değişimlerini ve fonksiyonları gerçekleştirirken EDI sistemi aynı ERP sisteminde olduğu gibi blokzinciri teknolojisinin merkezi olmayan, dağıtık defter teknolojisi, kriptografi ve hash

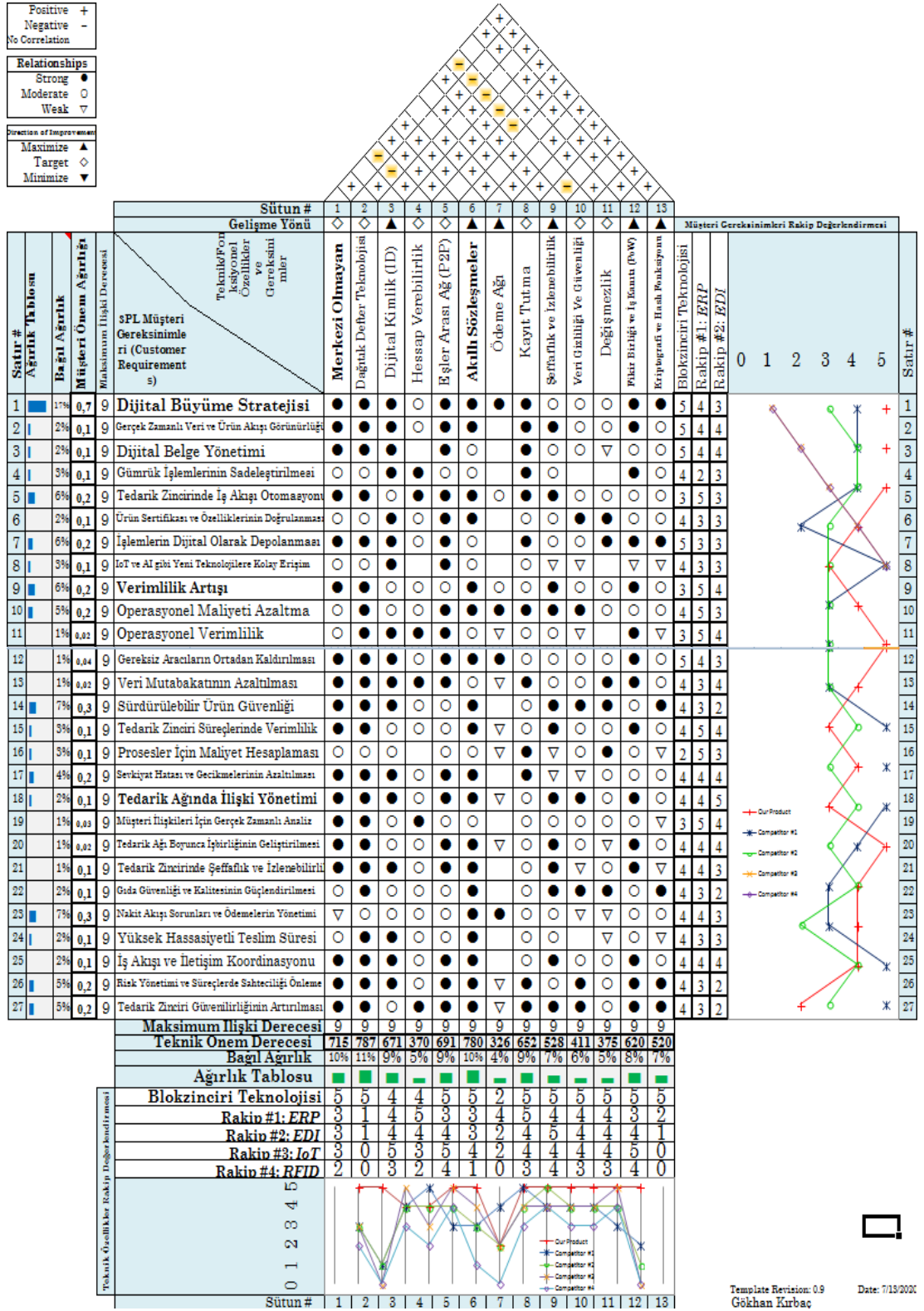
fonksiyonları gibi çekirdek özellikleri dışındaki diğer birçok özelliği ile benzer fonksiyonlar göstermektedir. Ayrıca EDI sisteminin dijital kimlik ve hesap verebilirlik gibi özellikler açısından radar diyagramında blokzinciri teknolojisi ile benzer alanlarda konumlandığı görülmektedir. EDI sisteminin çalışma mantığının da aynı ERP sisteminde ki gibi blokzinciri teknolojisine ait dağıtık defter teknolojisi ve eşler arası ağ ile kriptografik şifreleme teknikleri kullanılmaz. Bu kapsamda EDI teknolojilerin de bilgisayarlı sistemler ile mevcutta iş dünyasında kullanılan kâğıt belge değişiminin ve fiziki dokümantasyon işlerinin yerine geçebilecek farklı kuruluşlardaki uygulamalar arasında dijital ortamlarda yapısal veri değişimi gerçekleştirilir. Söz konusu iki teknoloji arasındaki fonksiyonellik açısından bilinen bu farklılıklar radar diyagramında gösterilmiştir.

- Bununla birlikte *IoT teknolojisi* denilince, internete, herhangi bir ağa ve birbirlerine bağlı cihazlar aklımıza gelmektedir. Söz konusu bir ağ ile bütünleşik bu bağlılık, sistemi kullananlarla ve birbirleriyle iletişim kuran cihazlar topluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Elektrik kartları ve sensörlerin küçülmesi, modüllerin birbirlerine entegre edilebilmeleri, veri bilimi ve analitiği ile nesnelerin interneti teknolojisi tedarik zinciri ve lojistik sektörlerini olumlu yönde etkilemekte ve depo yönetimi, hammadde tasarrufu, doğru ve hızlı tedarik zinciri iş süreçleri, ürünlerin konumu, ve tedarik zincirinin de sürdürülebilir iletişim gibi konularda çözümler sunmaktadır. IoT teknolojisi tedarik zinciri ve lojistik sektörleri için sunduğu tüm bu fonksiyonları ve çözümleri gerçekleştirirken aynı diğer referans teknolojiler de olduğu gibi blokzinciri teknolojisinin merkezi olmayan, dağıtık defter teknolojisi, kriptografi ve hash fonksiyonları gibi çekirdek özellikleri dışındaki diğer birçok özelliği ile benzer fonksiyonlar göstermektedir. Aynı zamanda IoT teknolojisinin eşler arası ağ ve fikir birliği ile iş kanıtı gibi özellikler açısından radar diyagramında blokzinciri teknolojisi ile benzer alanlarda konumlandığı görülmektedir. IoT teknolojisinin çalışma mantığı da aynı diğer teknolojiler de olduğu gibi blokzinciri teknolojisine ait dağıtık defter teknolojisi ve kriptografik şifreleme teknikleri kullanılmaz. Bu kapsamda Endüstri 4.0 kapsamında

tedarik zinciri ve lojistik faaliyetler için nesnelerin sensör ve yazılımlar aracılığıyla bilgisayarlarla iletişim kurmasını sağlayan IoT teknolojisi kendi içerisinde fonksiyonellik açısından birçok özelliklik ve çözümler barındırmaktadır. Son olarak, IoT ve blokzinciri teknolojileri arasındaki fonksiyonellik açısından bilinen benzerlikler ve farklılıklar radar diyagramında gösterilmiştir.

- Son olarak *RFID teknolojisi*, radyo frekansı kullanılarak nesnelere tekil ve otomatik olarak tanımayaya yarayan ve bir etiket ile okuyucudan oluşan yöntemidir. Ürünler üzerine yerleştirilen etiketlerin okuyucular tarafından doğrulanmasıyla tedarik zinciri ve lojistikle ilgili veriler otomatik olarak depolanmaktadır. RFID teknolojisi tedarik zinciri ve lojistik sektörleri için sunduğu çözümleri gerçekleştirirken blokzinciri teknolojisinin dağıtık defter teknolojisi ve kriptografi ile hash fonksiyonları gibi çekirdek özellikleri dışındaki diğer birçok özelliği ile benzer fonksiyonlar göstermektedir. RFID teknolojisinin çalışma mantığında da aynı diğer teknolojiler de olduğu gibi blokzinciri teknolojisine ait temel özellikler olan dağıtık defter teknolojisi, eşler arası ağ ve kriptografik şifreleme teknikleri kullanılmaz. Son olarak, RFID ve blokzinciri teknolojileri arasındaki teknik özellikler açısından bilinen benzerlikler ve farklılıklar radar diyagramında detaylı bir şekilde gösterilmiştir.

Şekil 15: Blokzinciri Teknolojisi İçin Tasarlanan Kalite Evi



Son olarak, Şekil 15'te Kalite Fonksiyon Yayılımı kapsamında blokzinciri teknolojisinin 3PL işletmelerin faaliyetlerinde ve süreçlerinde kullanılmasına dair hazırlanan kalite evi içinde barındırdığı bütün aşamaları ve elde edilen hesaplamalar ile birlikte gösterilmiştir. Ayrıca kalite evi kapsamında elde edilen bulgular, tespitler, hesaplamalar ve ilişkilendirmeler her bir ilgili aşamanın altında gerekli açıklamalarıyla birlikte analiz edilerek yorumlanmıştır. Bununla birlikte çalışmanın devamında yer verilen sonuç ve bulgular kısmında elde edilen sonuçlar ve tespitler daha kapsamlı yorumlanarak açıklanmıştır.

Ayrıca, araştırma kapsamında kalite evinin tasarlanması ve elde edilen verilerin AHP yöntemi ile analiz edilmesi için Profesyonel KFY Tasarımı Programı (QFD Capture Professional Edition), Six Sigma Şirketler Grubu'na ait KFY online şablonu (Six Sigma Products Group – QFD Online Template) ve Microsoft Excel programlarından faydalanılmıştır.

SONUÇ

Blokzinciri 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 blokzinciri teknolojisine çevrilmesini sağlamıştır. Bu şekilde ilerleme gösteren dijitalleşme süreçleri karşısında ülkelerin, işletmelerin, bireylerin ve hukuk sistemlerinin de kayıtsız kalması düşünülemez. Dolayısıyla dünya genelinde blokzincir 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 blokzinciri teknolojisini özellikle kapsamlı bir iş modeli olarak değerlendirmektedirler. Söz konusu bu düşünceler ve değerlendirmeler blokzinciri teknolojisinin potansiyel dönüşümsel etkilerinin anlaşılmasını tamamlayarak teknolojiyle ilgili uygulamaların ve ürün tasarımlarının hızlandırılmasını sağlamaktadır. Bu yüzden dünya genelinde blokzinciri alanındaki kapsamlı düzenlemelerle birlikte altyapıların oluşturulması ve uygulanması teknolojinin ilerlemesi açısından son derece önemlidir.

Teknoloji ile ilgili alanlarının çoğunda daha önceden yaşandığı gibi blokzinciri teknolojisi alanındaki gelişmeler de akademik çalışmalarla desteklenerek uygulama açısından daha ileri noktalara taşınabilecektir. Dünyanın önde gelen üniversitelerinde blokzinciri 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 blokzinciri teknolojisi açısından potansiyel bir uygulama alanı olarak görülen tedarik zinciri ve lojistik alanlarında faaliyet gösteren işletmelerin blokzinciri teknolojisine dair bilgi eksikliklerinin bulunması ve teknolojinin iş süreçlerine uygulanmasına dair bir yol haritalarının olmaması çalışma kapsamında göz önünde bulundurulmuş diğer önemli bir konudur.

Araştırmanın uygulama açısından hedef sektörü lojistik ve tedarik zinciri faaliyetleri boyunca sektöre bütünleşik hizmet sunan Üçüncü Parti Lojistik (3PL) işletmeleridir. Bu kapsamda 3PL işletmelerin tedarik zinciri, lojistik ve mevcut iş süreçlerini yerine getirirken müşteri ihtiyaçlarını ve gereksinimlerini blokzinciri teknolojisinin hangi teknik özellikleri ile karşılayabilmelerine dair KFY kapsamında kalite evi tasarlanmış ve kalite evi tasarlanırken 3PL işletmelerle yapılan görüşmelerden elde edilen müşteri gereksinimleri önem ağırlıkları AHP yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir.

Sonuç olarak bu çalışma ile lojistik ve tedarik zinciri sektöründe bütünleşik hizmet sunan 3PL işletmelerin mevcut iş akışlarında blokzinciri teknolojisinin kullanılmasına yönelik derinlemesine sektör analizi yapılarak bir yol haritası ve yazılım aracı olarak kalite evi tasarımı kapsamında önemli bulgular ve tespitler elde edilmiştir. Bu kapsamda elde edilen söz konusu bulgular ve tespitler üç başlık altında toplanarak çalışmanın devamında açıklanmıştır.

Çalışmanın Literatüre Katkısı:

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

sistemler içerisinde blokzinciri 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. Aynı zaman da çalışmanın metodolojisi kapsamında ürün, hizmet ve süreç tasarımı hem birçok sektörde hem de literatürde yıllardır kullanılan ve kabul gören bir yöntem olan Kalite Fonksiyon Yayılımı'nın kullanılması literatüre ve bilim dünyasına katkı açısından son derece önemlidir. Bununla birlikte 3PL işletmeler ve teknoloji şirketleriyle gerçekleştirilen görüşmeler neticesinde elde edilen verilerin Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri kapsamında Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemiyle analiz edilip ağırlıklandırılması da çalışmanın literatür açısından bir diğer önemli aşamasını oluşturmaktadır.

Çalışma içerisinde daha önce Korpela ve diğerlerinin (2017) yaptıkları Kalite Fonksiyon Yayılımı (KFY) yöntemi kullanılarak tedarik zinciri işlevlerinin “Neler” entegrasyon içerisindeki blokzinciri teknolojisinin desteğinin “Nasıl” olduğu ile birleştirilmesine dair çalışmadan bahsedilmiştir. Kendi çalışmamızla bazı noktalardan benzerlik gösteren bu çalışmanın bulguları ve sonuçları ile kendi çalışmamızın sonuçlarını karşılaştırmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

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.

Son olarak, söz konusu bu çalışmadaki tespitlere bakıldığında kendi çalışmamızdaki bulgular ve tespitlerle örtüştüğü görülmektedir. Çalışmamızda kalite evi kapsamında yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen blokzinciri teknolojisi özellikleri teknik önem derecelerine bakıldığında dağıtık defter teknolojisi (teknik önem derecesi – 787,1) ve akıllı sözleşmeler (teknik önem derecesi – 779,6) alanlarının diğer özellikler arasında ilk iki de yer aldığı görülmektedir. Elde ettiğimiz bu tespitler ve bulgular hem literatür açısından hem de daha önce literatürde benzer bir çalışma yapılmadığı için 3PL işletmeleri ile blokzinciri teknolojisi alanında yazılım ve uygulama üretme potansiyeli olan teknoloji şirketleri açısından son derece önemli değerlendirmelerdir.

Çalışmanın Blokzinciri Teknolojisindeki Gelişmelere Katkısı:

Blokzinciri 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 blokzinciri 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 blokzinciri teknolojisinin de kullanılması düşüncesi üzerinde araştırma yapılan kapsamlı bir alandır. Belirlenen araştırma planı çerçevesinde halihazırda blokzinciri teknolojisi alanın da çalışmalar ve araştırmalar yapan küresel normlu teknoloji şirketleriyle görüşmeler gerçekleştirilmesi blokzinciri teknolojisinin sadece 3PL işletmeler için değil aynı zamanda tedarik zinciri ve lojistik sektörleri için de kullanılması adına referans alınabilecek bir çalışma niteliğindedir.

Genel anlamda yazılımların mimari yapısı, kullanılabilirliği ve fonksiyonelliği olmak üzere üç temel özelliği bulunmaktadır. Bu değerlendirmeden yola çıkarak çalışmada blokzinciri teknolojisinin özellikleri ve fonksiyonları üzerinde durulmuştur. Kalite evi kapsamında uygulamak için fonksiyonellik açısından daha önceden belirlenen blokzinciri teknolojisinin teknik özelliklerine bakıldığında elde edilen teknik önem dereceleri üzerinden önemli tespitler ve bulgular çıkarılabilir.

Tablo 13'ten yola çıkarak elde edilen blokzinciri teknolojisi özelliklerine ait teknik önem dereceleri *dağıtık defter teknolojisi* (787,1), *akıllı sözleşmeler* (779,6), *merkezi olmayan* (715), *eşler arası ağ* (690,7), *dijital kimlik* (670,7), *kayıt tutma* (652,3), *fikir birliği/iş kanıtı* (620,2), *şeffaflık/izlenebilirlik* (528,4), *kriptografi/hash fonksiyonları* (520,4), *veri gizliliği/güvenliği* (410,5), *değişmezlik* (374,7), *hesap verebilirlik* (369,8) ve *ödeme ağı* (326,4) şeklinde sıralanmıştır.

Söz konusu bu teknik önem derecelerini daha kapsamlı bir şekilde yorumlamak gerekirse, ilk üç sırada blokzinciri teknolojisinin uygulama noktasında olmazsa olmaz fonksiyonları olan dağıtık defter teknolojisi, akıllı sözleşmeler ve merkezi olmayan özellikleri karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda sektörel açıdan tasarlanması planlanan blokzinciri sisteminin tek bir yazılım içerisinde çalışmasından ziyade akıllı sözleşmeler ile entegre edilen ekosistemler içerisinde çalıştırılması ve kurgulanması üretici taraftaki teknoloji şirketlerine öneri olarak sunulabilir. Söz konusu akıllı sözleşmeler bilgisayar kodlarına dönüştürölür, depolanır, sistem üzerinde kopyalanır ve blokzinciri çalıştıran bilgisayar ağları

tarafından denetlenirse tedarik zinciri ve lojistik sektörlerinde ki iş akışlarına kadar birçok alanda kullanım imkanı oluşturulabilir.

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.
- Blokzinciri ağının hangi platformla (Microsoft Azure, Ethereum, Hyperledger, vb.), kaç kullanıcı ve kurucu ağa dahil edilerek kurulacağını belirlenmesi.

- Teknik açıdan bakıldığında kullanıcıların ağa ya da sisteme nasıl dahil olacaklarının belirlenmesi.
- Ağ 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 blokzinciri 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 blokzinciri 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 olacağını 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 yapılacağıın 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 bütünlük 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 kullanılabilirdiği 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 işbirliğinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın İşletmelere Katkısı:

Fonksiyonellik açısından teknik özelliklerin özel bir birleşimi olarak karşımıza çıkan blokzinciri tabanlı sistemlerin ve yazılımların farklı sektörlerde 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.

Çalışmada öncelikle müşterinin sesi şeklinde 3PL işletmelerin müşteri gereksinimlerinin kapsamlı literatür araştırmaları ve yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilmesi araştırmanın özgünlüğünü ortaya koymuştur. Ardından blokzincirine ait teknik özelliklerin de yine aynı şekilde literatür araştırmaları ve görüşmeler neticesinde belirlenmesi önemli bir aşamadır. Sonrasında müşteri gereksinimlerinin uygun metodoloji yöntemleriyle analiz edilerek en son aşamada kalite evinin tasarlanması hem 3PL işletmeler için hem de genel anlamda tedarik zinciri ve lojistik sektörlerinin tamamı için dijitalleşme adına bir sektör yol haritası ve referans çalışma olarak görülmesi düşünülmektedir.

Bu kapsamda kalite evi tasarımı için belirlenen müşteri gereksinimlerinin önem ağırlıklarına bakılacak olursa tedarik zinciri ve lojistik sektörü için aşağıdaki tespitler ve değerlendirmelerde bulunulabilir:

- *Dijital Dönüşüm Stratejisi*, 0,675 önem ağırlığı ile müşteri gereksinimleri içerisinde ilk sırada yer almaktadır. Bu sonuçta bize görüşme gerçekleştirilen 3PL işletmelerin genel anlamda dijital dönüşüm stratejilerini belirleme konusunda istekli olduklarını göstermektedir. Aslında dijital dönüşüm stratejileri işletmeler için Endüstri 4.0 getirdiği değişim ihtiyacı ile daha da önem kazanmıştır. Bu noktada işletmelerin mevcutta kullandıkları bilgi teknolojileri ve yazılımlarının güncellenmesi ile organizasyonlara inovatif yeni süreçlerin adapte edilmesi hususunda blokzinciri teknolojisi için uygulanma açısından fırsatlar olduğu söylenebilir. Blokzinciri teknolojisi sahip olduğu dağıtık defter teknolojisi ve eşler arası ağ gibi çekirdek özellikleriyle işletmelere çözümler sunabilecek potansiyele sahiptir. Sektörün ihtiyaçlarına göre tasarlanan bir blokzinciri ağı dijital dönüşüm stratejisi altında belirlenen gerçek zamanlı veri ve ürün akış görünürlüğü, dijital belge yönetimi ve tedarik zincirinde iş akışı otomasyonunun sağlanması konularında da çözümler sunabilecektir.
- *Verimlilik artışı*, 0,241 önem ağırlığı ile müşteri gereksinimleri içerisinde ikinci sırada yer almaktadır. Operasyonel verimlilikle ilgili yaşanan sorunlar hem hedef sektör olan 3PL işletmeler için hem de tedarik zinciri ve lojistik sektöründeki diğer işletmeler için çözümler sunulması gereken kritik bir alandır. Ayrıca verimlilik artışı kriterinin altında bulunan aracılardan ortadan kaldırılması, veri mutabakatlarının azaltılması, sürdürülebilir ürün güvenliğinin sağlanması ve sevkiyat hatalarıyla gecikmelerin azaltılması gibi hususlarda blokzinciri teknolojisinin akıllı sözleşmelerle birleştirilmesiyle birlikte sektöre çözümler sunulacağı görülmektedir. Bu kapsamda tedarik zinciri ve lojistik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin akıllı sözleşmelere ile ilgili çalışmalarını da artırması gerekmektedir.
- *Tedarik ağında İlişki Yönetimi*, 0,084 önem ağırlığı ile müşteri gereksinimleri içerisinde üçüncü sırada yer almaktadır. Tedarik zinciri ve lojistik sektörü her geçen gün yeni katılımcıların ve iş hacimlerinin artmasıyla genişlemekte ve

daha karmaşık bir hal almaktadır. Bu noktada tedarik ağı boyunca işbirliğinin geliştirilmesi, şeffaflık ve izlenebilirliğin sağlanması, tedarik zinciri güvenilirliğinin artırılması ve nakit akış sorunları ile ödemelerin yönetimi hususlarında blokzinciri teknolojisinin eşler arası ağ ve dağıtık defter teknolojisi gibi temel özelliklerinin akıllı sözleşmelerle birlikte kullanılmasıyla çözümler sunulacağı düşünülmektedir.

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 alanın 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 blokzinciri 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, blokzinciri 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 güçlüğü, 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 şuan için blokzinciri teknolojisinde de geçerlidir. Bu yüzden teknolojinin daha hızlı gelişmesi ve tedarik zinciri ile lojistik sektörlerine

uygulanması açısından ana bir kullanıcının ya da yüklenici işletmenin blokzinciri 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 blokzinciri 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 tasarlanması 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 gerçekleştirilecektir. 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

çalışmasında ki KFY kapsamında kalite evi tasarımı işletme içinde uygulayarak kapsamlı analizler gerçekleştirebilirler.

Son olarak, blokzinciri teknolojisi ile ilgili literatürde farklı alanlar ve sektörler için yapılmış çalışmalar mevcuttur ancak çalışmada blokzinciri teknolojisinin lojistik sektörü özelinde 3PL işletmelere uygulanması çalışmanın özgünlüğünü bu aşamada devreye sokmaktadır. Çünkü literatürde blokzinciri teknolojisinin KFY yöntemi kullanılarak 3PL işletmelere uygulanmasına yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bununla birlikte mevcut literatür ele alındığında blokzinciri 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 blokzinciri 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 blokzinciri 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).

Akao, Y., "Quality Function Deployment - Integrating Customer Requirement Into Product Design", Productivity Press, Massachusetts, p. 60-61. 1990.

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.

Arı, S., "Müşteri Beklentilerini Ürün Karakteristiklerine Dönüştürme Aracı Olarak Kalite Fonksiyon Göçerimi ve Bir Gıda İşletmesinde Uygulama Denemesi", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya. (2006).

Ataşen, K. (2019, Kasım 19). "Blockchain Zorlukları: Ölçeklenebilirlik". (Erişim: <https://bag.org.tr/index.php/2019/11/18/blockchain-zorluklari-olceklenebilirlik/>).

Atıcı, K. B. ve Ulucan A., (2009). "Multi-Criteria Decision Analysis Approaches in Energy Projects Evaluation Process and Turkey Applications", Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 27: 161-186.

Avdza, 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.

Bahill, A. T. and Chapman W. L. (1993) A Tutorial on Quality Function Deployment. *Engineering Management Journal* 5(3): 24-35.

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 Cherniavskiy 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, İsviçre. (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., Prietoa, J., De la Prietaa, 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 adresinden alındı.

Cohen, L. (1995). *How QFD fits in the organization*. Addison Wesley Longman, USA.

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>.

Cudney, E. A. and Elrod C. C. (2011) *Quality Function Demployment in Continious Improvement (Section 3). Six Sigma Projects and Personal Experiences*, InTech Press, London.

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.

Durđay, 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 Simplify And Transform The Supply Chain. Copyright © 2018 Accenture 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.

Fung, R. Y. K, Law, D. S. T. & Ip W. H. (1990) Design targets determination for inter-dependent product attributes in QFD using fuzzy inference. *Int. J. Integ. Manuf. Syst.*

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).

Guadamuz, A. ve Marsden, C., 2015, *Blockchains and Bitcoin: Regulatory responses to cryptocurrencies, Volume 20*, Number 12, 7 December 2015.

Gupta, R., Gupta, S. and Kuldeep, N. (2012) Quality Function Deployment, *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)* 2(3): 896-901.

Güçlü, K., ‘‘Blokzincir Teknolojisi Ve Gümrük İşlemlerinde Blokzincir Uygulama Alanlarının İncelenmesi’’ Ticaret Uzmanlığı Tezi, Ankara, 2019.

Güllü, E. ve Ulcay, Y. (2002) Kalite Fonksiyonu Yayılımı Ve Bir Uygulama. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 7(1): 71-91.

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.

Hauser, J. R. and Clausing, D. "The House of Quality'', *Harvard Business Review*, No.3, p. 63-73. 1998.

Hawlitshchek, 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., Rsch, 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, İzlenda.

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 Gznden Blokzincir’in Geleceği, <https://medium.com/@recepilkbahar/arastirma-sirketlerinin-gozunden-blokzincirin-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 alıştayı* (s. 8). Kocaeli: TÜBİTAK BİLGEM.

Kelesbayev, D., Kalykulov K., Yertayev Y., Turlybekova A. and Kamalov A. (2016) A Case Study For Using The Quality Function Deployment Method As A Quality Improvement Tool In The Universities. *International Review of Management and Marketing* 6(3): 569-576.

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.

Knemeyer, A.M. and Murphy, P.R., 2005. Exploring the potential impact of relationship characteristics and customer attributes on the outcomes of third-party logistics arrangements. *Transportation Journal*, 44 (1), 5–19.

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>.

Korpela, K., Hallikas J. vd., (2017), Digital supply chain transformation toward blockchain integration. *Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences*, 4182-4191.

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).

Kurt, H. S. ve Yenilmez, G. (2017). Kalite fonksiyon yayılımı: Alışveriş merkezleri üzerine bir uygulama. *Organizasyon ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 9 (1), 14-29.

Kuruüzüm, A., Kaya, P. ve Çetin E. İ. (2011). "Çok Kriterli Karar Verme ile Avrupa Birliği ve Aday Ülkelerinin Yaşam Kalitesinin Analizi". *Ekonometri ve İstatistik Dergisi*.13: 80-94.

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>.
- Lowe, A., Ridgway, K. & Atkinson, H. (2000). QFD in new production technology evaluation, *International Journal of Production Economics*.
- 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 Prensipleri", *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., Balakarthykeyan, 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 op-portunities: 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.

Saaty, T. L. (1980). “The Analytic Hierarchy Process”, **McGraw Hill Comp.**, USA.

Saaty, T. L., Vargas, L. G. (1994), *Decision Making With Analytic Hierarchy Process* 1st Ed. **RWS Publications**, Pittsburg.

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. Zürich Üniversitesi. Bilişim Bölümü Yüksek Lisans Tezi. Zürich İsviçre.

Sevük, A., ‘‘Kaynak Elektrodu Üretiminde Kalite Fonksiyon Açılımı (QFD) Yaklaşımına Bir Örnek’’. Tüsiad- Kalder 7. Ulusal Kalite Kongresi, Tebliğler ve Özgeçmişler, İstanbul, s. 133-160. 1998.

Shrivastava, P. and Verma D. S. (2014) Application of Quality Function Deployment To Improve Customer Satisfaction In Hotel Industry. **International Journal of Scientific & Engineering Research** 5(6): 957-962.

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).

Suliyev, T., *Müşteri Beklentilerinin Kalite Fonksiyon Yayılımı İle Analiz Edilmesi ve Gıda Ambalajı Sanayinde Örnek Bir Uygulama*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara. (2007).

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.

Taptık, Y. ve Keleş, Ö., ‘‘Kalite Savaş Araçları’’, Kalder, İstanbul, s. 110-115. 1998.

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-buzzwordsd5fdccd057f9> 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., Kosic, 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.

nsal, E. ve Kocaoğlu, ., ‘’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 Mhendisliği 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/> (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 Cryptology ePrint Archive. pp. 375. (2017).

Yapraklı, T. ř. ve Güzel, D. (2010). Sağlık sektöründe bir kalite fonksiyon göçerimi uygulaması. Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, (19), 457-476.

Yıldırım, F. (2015). Kripto paralar, blok zinciri teknolojisi ve uluslararası ilifkilere 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.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar Gökhan KIRBAÇ 1989 yılında Kütahya'da doğdu. ilk, orta ve lise öğrenimini Kütahya'da tamamladı.

Lisans eğitimini 2012 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İngilizce İşletme Bölümü'nde 1. olarak tamamladı. Tezli Yüksek Lisans eğitimini ise 2016 yılında İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalında tamamladı.

Özel sektör tecrübesi bulunan yazar 2014 yılından beri üniversitelerde öğretim elemanı olarak görev yapmaktadır.