

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE ENDÜSTRİ İŞLETMECİLİĞİ
PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE BLOK ZİNCİR
KULLANIM KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ VE
AHP YÖNTEMİ İLE AĞIRLIKLANDIRILMASI

Emir YAVUZ

Danışmanı
Prof. Dr. Hilmi YÜKSEL

İZMİR-2022

TEZ ONAY SAYFASI



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Tedarik Zinciri Yönetiminde Blok Zincir Kullanım Kriterlerinin Belirlenmesi ve Ahp Yöntemi İle Ağırlıklandırılması” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

15.06.2022

Emir YAVUZ

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi
Tedarik Zinciri Yönetiminde Blok Zincir Kullanım Kriterlerinin Belirlenmesi
ve Ahp Yöntemi İle Ağırlıklandırılması
Emir YAVUZ

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Anabilim Dalı
Üretim Yönetimi ve Endüstri İşletmeciliği Programı

Tedarik zincirlerinin küreselleşmesi iş süreçlerinin yönetimini ve kontrolünü zorlaştırmaktadır. Dağıtılmış olarak blok zincir teknolojisi şeffaflık, izlenebilirlik ve güvenlik sağlayan dijital defter teknolojisini kullanarak bazı küresel tedarik zinciri yönetimi sorunlarının hafifletilmesi için umut vaat etmektedir. Bu çalışmada tedarik zinciri yönetimine yönelik potansiyel bir uygulama ile blok zincir teknolojisi ve tedarik zinciri yönetimindeki kullanım kriterleri incelenmektedir. Bloklar halinde şifrelenmiş dijital verilerin dağıtık kayıtlar yolu ve protokollerle birebir paylaşım sistemi olarak tanımlanabilen ve Bitcoin'in arka planında yatan blok zinciri teknolojisi, ortaya çıktığı 2008 yılından bu yana neredeyse tüm endüstri alanlarıyla entegrasyon sağlayarak tam bir teknolojik devrime neden olmuştur. Araştırmada ise blok zincirinin kullanım kriterleri tedarik zinciri yönetimi kapsamında belirlenmiş, incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Tedarik zincirinde blok zincir teknolojisinin kullanım alanları gün geçtikçe artış göstermekte ve tedarik zinciri katılımcılarının bu alana olan ilgisi artmaktadır. Bunun için iki durum arasındaki ilişkinin detaylı bir şekilde incelenmesi, gelecek çalışmalar ve kullanılabilirlik adına bir yol haritası görevi görmektedir.

Anahtar Kelimeler: Blok Zincir, Tedarik Zinciri, Bitcoin.

ABSTRACT

Master's Thesis

Determination Of Blockchain Usage Criterias And Weighting With The AHP

Method In Supply Chain Management

Emir YAVUZ

Dokuz Eylül University

Graduate School of Social Sciences

Department of Business Administration

Production Management Program

The globalization of supply chains complicates the management and control of business processes. Distributed blockchain technology shows promise for easing some global supply chain management problems by using digital ledger technology that provides transparency, traceability and security. This research examines blockchain technology and its usage criterias in supply chain management with a potential application. Blockchain technology, which can be defined as a one-to-one sharing system of digital data encrypted in blocks with distributed records and protocols, and which lies in the background of Bitcoin, has caused a complete technological revolution by integrating with almost all industry areas since its emergence in 2008. In the research, the usage criteria of the blockchain were determined, examined and evaluated within the scope of supply chain management. The usage areas of blockchain technology in supply chain are increasing day by day and the interest of supply chain participants in this field is increasing. For this, a detailed examination of the relationship between the two situations serves as a roadmap for future studies and usability.

Keywords: Blockchain, Supply Chain, Bitcoin.

**TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE BLOK ZİNCİR KULLANIM
KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ VE AHP YÖNTEMİ İLE
AĞIRLIKLANDIRILMASI**

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
KISALTMALAR	xiii
GİRİŞ	1

**BİRİNCİ BÖLÜM
TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ**

1.1. TEDARİK ZİNCİRİ VE YÖNETİMİ	3
1.2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNİN GELİŞİMİ	7
1.3. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ SÜREÇLERİ	10
1.3.1. Stratejik Süreçler	11
1.3.1.1. Müşteri İlişkileri Yönetimi	12
1.3.1.2. Müşteri Hizmet Yönetimi	12
1.3.1.3. Ürün Geliştirme ve Ticarileştirme	13
1.3.1.4. Tedarikçi İlişkileri Yönetimi	13
1.3.2. Operasyonel Süreçler	14
1.3.2.1. Talep Yönetimi	14
1.3.2.2. Sipariş İşleme	14
1.3.2.3. İmalat Akış Yönetimi	15
1.3.2.4. İade Yönetimi	15

1.4. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNİN İŞLETME PERFORMANSINA ETKİSİ	16
1.4.1. Üretim Verimliliği	16
1.4.2. Ürün Sevkiyatı	17
1.4.3. Talep Yönetimi	17
1.4.4. Ürün Kalitesi	18
1.5. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDEKİ MEVCUT SORUNLAR	19
1.6. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİLER	21
1.6.1. Nesnelerin İnterneti (IoT)	22
1.6.2. RFID	23
1.6.3. Blok Zinciri	24

İKİNCİ BÖLÜM

BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİSİ VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ İLİŞKİSİ

2.1. BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ	27
2.2. BLOK ZİNCİRİNDE KULLANILAN TEKNİK KAVRAMLAR	28
2.2.1. Eşler Arası Ağ (P2P)	29
2.2.2. Kriptografi	31
2.2.2.1. Simetrik Şifreleme	33
2.2.2.2. Asimetrik Şifreleme	34
2.2.3. Düğüm (Node)	36
2.2.4. Blok	37
2.2.5. Özetleme (Hashing)	38
2.2.6. Merkle Ağaçları	39
2.2.7. Mutabakat Mekanizması	40
2.2.7.1. İş Kanıtı (Proof of Work (PoW))	41
2.2.7.2. Hisse Kanıtı (Proof of Stake (PoS))	41
2.3. BLOK ZİNCİRİNİN ÖZELLİKLERİ	42
2.3.1. Merkeziyetsizlik	44

2.3.2. Değişmezlik	46
2.3.3. Anonimlik	47
2.3.4. Şeffaflık ve İzlenebilirlik	48
2.3.5. Hesap Verebilirlik	49
2.3.6. Veri Gizliliği ve Güvenliği	50
2.4. BLOK ZİNCİRİ ÇEŞİTLERİ	51
2.4.1. Açık Blok Zinciri	52
2.4.2. Kapalı blok zinciri	53
2.4.3. Konsorsiyum Blok Zinciri	54
2.5. BLOK ZİNCİRİNİN ÇALIŞMA PRENSİBİ	55
2.6. BLOK ZİNCİRİNİN KULLANIM ALANLARI	58
2.6.1. Kamu Sektörü	58
2.6.2. Finans	59
2.6.3. Eğitim	60
2.6.4. Hukuk	60
2.6.5. Sağlık	61
2.6.6. Tedarik Zinciri Yönetimi	62
2.7. EN YAYGIN BLOK ZİNCİRİ PLATFORMLARI	64
2.7.1. Bitcoin	64
2.7.2. Ethereum	66
2.7.3. Hyperledger	69
2.7.4. Microsoft Azure	70
2.7.5. Ripple	71
2.7.6. Corda	72
2.8. BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNDE AKILLI SÖZLEŞMELER	74
2.8.1. Akıllı Sözleşmelerin Çalışma Prensibi	74
2.8.2. Akıllı Sözleşmelerin Güçlü ve Zayıf Yanları	76
2.8.3. Akıllı Sözleşmelerin Tedarik Zinciri Yönetimine Faydaları	76
2.9. AKILLI SÖZLEŞMELERDE KULLANILAN BLOK ZİNCİR EKOSİSTEMLERİ	77
2.9.1. Ethereum	78
2.9.2. Neo	79

2.9.3. Stratis	79
2.9.4. Lisk	80
2.10. BLOK ZİNCİRİ İLE BİRLİKTE KULLANILABİLEN DİĞER TEKNOLOJİLER	80
2.10.1 IoT	81
2.10.1.1. IoT ve Blok Zinciri Teknolojilerinin Entegre Kullanımı	81
2.10.1.2. IOT ve Blok Zinciri Teknolojilerinin Tedarik Zinciri Yönetiminde Kullanımı	81
2.10.2. RFID	82
2.10.2.1. RFID ve Blok Zinciri Teknolojilerinin Tedarik Zinciri Yönetiminde Kullanımı	82
2.10.3. RFID, IoT, Blok Zinciri ve Akıllı Sözleşmelerin Tedarik Zinciri Yönetiminde Kullanımı	83
2.11. BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE UYGULAMA ÖRNEKLERİ	84
2.11.1. Walmart	85
2.11.2. IBM-MAERSK Ortaklığı Tradelens Platformu	86
2.11.3. IBM-Food Trust	87
2.11.4. Ripe	87
2.12. BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİ TEDARİK ZİNCİRİ AÇISINDAN DEĞERLENDİREN ÇALIŞMALAR	88

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE BLOK ZİNCİR KULLANIM KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ VE AHP YÖNTEMİ İLE AĞIRLIKLANDIRILMASI

3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI	91
3.2. ARAŞTIRMANIN METODOLİJİSİ	91
3.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi	92
3.3. UYGULAMA	96
3.3.1. Tedarik Zinciri Yönetiminde Blok Zincir Kullanım Kriterlerinin	

Belirlenmesi	96
3.3.2. Belirlenen Blok Zincir Kullanım Kriterleri ve Açıklamaları	102
3.3.2.1. Merkeziyetsizlik	102
3.3.2.2. Gerçek Zamanlı Veri İzleme	103
3.3.2.3. Şeffaflık	103
3.3.2.4. Otomasyon	104
3.3.2.5. Veri Güvenliği	104
3.3.2.6. Maliyet Azaltma	105
3.3.2.7. Zaman Tasarrufu	105
3.3.2.8. Gizlilik	106
3.3.2.9. Değişmezlik	106
3.3.2.10. Kayıt Tutma ve İşlem Yapma	107
3.3.2.11. Akıllı Sözleşmeler	107
3.3.2.12. Dolandırıcılığı Önleme	107
3.3.2.13. Katılımcı Koordinasyonu	108
3.3.2.14. İşlem Hızı	108
3.3.2.15. Denetlenebilirlik	109
3.3.2.16. Teknoloji Entegrasyonu	109
3.3.2.17. Rekabet Avantajı	109
3.3.2.8. Talep Tahminini Kolaylaştırma	110
3.3.3. AHP Uygulaması	111
SONUÇ	122
KAYNAKÇA	124

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Tedarik Zinciri Tanımları	s.4
Tablo 2: Tedarik Zinciri Yönetimi Gelişim Dönemleri	s.9
Tablo 3: Tedarik Zinciri Yönetimi Süreçleri	s.11
Tablo 4: İzlenebilirlik Kavramının Avantajları	s.48
Tablo 5: AHP Önem Ölçeği	s.94
Tablo 6: Rassallık Endeksi Verileri	s.95
Tablo 7: Blok Zincir Kullanım Kriterleri Frekans Analizi	s.96
Tablo 8: Tedarik Zinciri Yönetiminde Blok Zincir Kullanım Kriterleri	s.98
Tablo 9: Referanslarda Blok Zincir Kullanım Kriterleri Oranları	s.101
Tablo 10: Kriterlerin Referanslarda Kullanım Sayıları	s.102
Tablo 11: Ana Kriterler ve Grup Kararları	s.112
Tablo 12: Ana Kriterlere Ait İkili Karşılaştırma Matrisi	s.113
Tablo 13: Normalize Edilmiş Ana Kriter Karşılaştırma Matrisi	s.113
Tablo 14: Özet Ana Kriter Karşılaştırma Matrisi	s.113
Tablo 15: Ana Kriterlere Ait Alt Kriterler	s.114
Tablo 16: Performans Alt Kriterleri ve Grup Kararları	s.115
Tablo 17: Performans Alt Kriterleri Karşılaştırma Matrisi	s.115
Tablo 18: Dijital Dönüşüm Alt Kriterleri ve Grup Kararları	s.117
Tablo 19: Dijital Dönüşüm Alt Kriterleri Karşılaştırma Matrisi	s.117
Tablo 20: Tedarik Ağında İlişki Yönetimi Alt Kriterleri ve Grup Kararları	s.119
Tablo 21: Tedarik Ağında İlişki Yönetimi Alt Kriterleri Karşılaştırma Matrisi	s.119

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Tedarik Zinciri Akışı	s.6
Şekil 2: Tedarik Zinciri Yönetimi Gelişimi	s.10
Şekil 3: Kriptografinin Görselleştirilmesi	s.32
Şekil 4: Merkle Ağaçları İşleyişi	s.40
Şekil 5: Blok Zincir Teknolojisini Etkileyen Tarihsel Gelişmeler	s.44
Şekil 6: Blok Zincir Unsurları	s.46
Şekil 7: Açık Blok Zincir Şekli	s.52
Şekil 8: Kapalı Blok Zincir Şekli	s.54
Şekil 9: Blok Zinciri Çalışma Şekli	s.56
Şekil 10: Blok Zincir Teknolojisi ve Tedarik Zinciri Yönetimi Arasındaki İlişki	s.63
Şekil 11: Ethereum ve Tarihsel Seyri	s.67
Şekil 12: AHP Hiyerarşik Yapısı	s.93
Şekil 13: Blok Zincir Kullanım Kriterleri Kelime Bulutu	s.97
Şekil 14: Hiyerarşik Model	s.111

KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AHP	Analitik Hiyerarşı Prosesi
API	Application Programming Interface (Uygulama Programlama Arayüzü)
ASIC	Application Specific Integrated Circuit (Uygulamaya Özel Tümleşik Devre)
BPOS	Business Productivity Online Standard Suite (İş Üretkenliği Çevrimiçi Standart Paketi)
C	Cilt
Çev.	Çeviren
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
DAO	Decentralized Autonomus Organization (Merkeziyetsiz Otonom Organizasyon)
Ed.	Editör
EDI	Electronic Data Interchange (Elektronik Veri Değişimi)
ERP	Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlama)
EVM	Ethereum Virtual Machine (Ethereum Sanal Makinesi)
GCC	Government Community Cloud (Hükümet Topluluğu Bulutu)
GPRS	General Packet Radio Service (Genel Paket Radyo Hizmeti)
ISM	Institute for Supply Management (Tedarik Yönetimi Enstitüsü)
IoT	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
JS	JavaScript
MRP	Material Resource Planning (Malzeme İhtiyaç Planlama)
NFC	Near Field Communication (Yakın Alan İletişimi)
PBFT	Pratik Bizans Hata Toleransı
PoS	Proof of Stake (Hisse Kanıtı)
PoW	Proof of Work (İş Kanıtı)
QR	Quick Response (Çabuk Tepki)
RF	Radyo Frekansı

RFID	Radio Frequency of IDentification (Radyo Frekansı ile Tanımlama)
STK	Sivil Toplum Kuruluşu
UI	User Interface (Kullanıcı Arayüzü)
VM	Virtual Machine (Sanal Makine)
WSAN	Wireless Sensor and Actuator Network (Kablosuz Sensör ve Aktüatör Ağı)
XRP	Ripple'ın Kısaltması



GİRİŞ

Küreselleşme, çeşitli düzenleyici politikalar ve tedarik zinciri ağlarındaki çeşitli kültürler ve insan davranışları, tüketicilere hizmet etmek için rekabet eden çok kademeli ve coğrafi olarak ayırık kuruluşlardan oluşan modern tedarik zincirleri içerisindeki bilgiyi değerlendirmeyi ve riski yönetmeyi gün geçtikçe daha zor hale getirmektedir ki bu durum nedeniyle mevcut tedarik zincirleri içerisinde daha iyi bilgi paylaşımına ve doğrulanabilirliğe ihtiyaç duyulmaktadır. Daha iyi bilgi akışı ve doğrulanabilirlik ise tedarik zincirinin izlenebilirliğinin ve şeffaflığının artırılması sayesinde gerçekleşebilir.

Mevcut tedarik zinciri sistemi, içerisinde birçok aracının bulunduğu bir akış içerisinde gerçekleşmektedir ve araçların sağlanmasında yer alan maliyet, araçların güvenilirliği ve şeffaflığı, tedarik zincirinin izlenebilirliğini ve şeffaflığını daha da zorlaştıran bir faktördür. Ayrıca tedarik zinciri katılımcıları hassas ve değerli bilgilerini depolamak amacıyla tek bir kuruluşa veya aracıya güvenmek zorunda kalmaktadırlar. Bu durum ise sistemi merkezi bir hale getirerek tüm sistemin hataya, bilgisayar korsanlığına, yolsuzluğa veya saldırıya karşı savunmasız kalmasına sebep olabilir.

Tedarik zincirinin savunmasız bir hale gelmesi nedeniyle blok zinciri uygulamalarının tedarik zinciri yönetimine adapte edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır çünkü mevcut tedarik zincirinde alt düzey tedarikçiler kontrol edilememektedir ancak blok zinciri uygulamaları ve bu uygulamalardan birisi olan akıllı sözleşmeler sayesinde tedarik zinciri yönetiminde iş ve bilgi akışı kolaylaşabilir, izlenebilirlik ve güvenilirlik sağlanabilir, hatalar azaltılabilir ve zaman ile maliyet tasarrufu yapılabilir. Blok zincir teknolojisinin kullanılması sayesinde sistemin tüm bu savunmasızlıklara karşı dirençli hale gelmesi sağlanabilir çünkü blok zincir sayesinde sistemdeki tüm veriler merkeziyetsiz bir yapı içerisinde uçtan uca izlenebilir ve şeffaf bir şekilde izin verilen tüm tedarik zinciri katılımcıları tarafından görülebilir. Bu durum kapsamında blok zincir teknolojisi ile ilgili olasılıkları örnekleyen erken kullanım durumlarından biri denizcilik konteyner yönetimi için Maersk ve IBM'nin blok zincir aracılığıyla olan ortak çalışmasıdır. Bu kullanım durumunda IBM, konteynerlere daha doğru ve güvenilir iniş faturalarının

eklenmesi ve tüm işlemlerin uçtan uca şeffaf olarak izlenebilmesi sayesinde milyarlarca dolar tasarruf sağlamıştır.

Maersk ve IBM'nin blok zincir teknolojisi kullanımı gibi durumlar tedarik zinciri yönetiminde yıllar içinde artmış olsa da potansiyel olarak yıkıcı herhangi bir sistem veya teknoloji gibi, blok zinciri de tedarik zinciri yönetiminde benimsenmesi ve uygulanmasında çeşitli engellerle karşı karşıyadır. Bu nedenle blok zinciri davranışsal, örgütsel, teknolojik veya politik yönlerden çeşitli zorluklarla birlikte hala gelişiminin erken aşamalarında olan bir teknoloji durumundadır.

Araştırma bu noktada blok zincir teknolojisinin ve tedarik zinciri yönetiminin ne olduğu, aralarındaki ilişki, bu ilişkiyi oluşturan bileşenler ve avantajları ile kullanım örneklerini incelemeyi amaçlamıştır. Bunun için literatürde yer alan araştırmalardan yararlanılmış ve bunlardan elde edilen bilgiler kullanılmıştır. Araştırmanın uygulama bölümünde ise tedarik zinciri yönetimi çerçevesinde blok zincir kullanım kriterlerinin belirlenmesi amacıyla literatür taramasından faydalanılarak blok zincirinin tedarik zinciri yönetimine en çok fayda sağlaması beklenen kullanım kriterleri belirlenerek bu kriterlerin analitik hiyerarşi yöntemi ile ağırlıklandırılması amaçlanmıştır. Bu sayede blok zincir kullanım kriterlerinden hangilerinin tedarik zinciri yönetimine en çok fayda sağlayacağını bulunmasıyla bu araştırmanın literatüre katkı sağlaması ve tedarik ağı katılımcılarını blok zinciri kullanımına teşvik etmesi hedeflenmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

1.1. TEDARİK ZİNCİRİ VE YÖNETİMİ

Dünya değiştikçe ve küreselleşme arttıkça toplumun ihtiyaçları, şirketlerin çalışma ve rekabet etme biçimleri de doğal olarak hızla değişmektedir. Bu nedenle firmalar ihtiyaç duydukları yeni rekabet yöntemlerinden biri olarak tedarik zinciri faaliyetlerini kullanır olmuş ve etkin bir yönetim ile rakiplerine göre daha büyük pazar payı elde edebilir hale gelmiştir. Bu sebeplerden dolayı işletmeler karmaşık tedarik zinciri faaliyetlerini kontrol etmek ve bu faaliyetlerin daha görünür olmasını istemektedirler.

Tedarik zinciri yönetimini tanımlamadan önce tedarik zinciri kavramını tanımlamak daha doğru olacaktır. Tedarik zincirinin tanımına bakılacak olursa; Küçük (2011)'e göre tedarik zinciri, tedarikçilerden müşterilere kadar uzanan, hammadde tedarikinden üretim sürecinde ürüne dönüştürülmesine ve bu ürünün müşterilere ulaştırılmasına kadar gerçekleştirilen tüm faaliyetleri kapsayan bir organizasyondur. Bu organizasyon ise tedarikçiiden firmaya ve firmadan müşteriye eksiksiz ve kesintisiz ürün teslimatı için gerçekleştirilen tüm faaliyetlerin bir bütün olarak ele alınmasını sağlamaktadır. Tedarik zinciri ile ilgili temel fikir aynı olmasına karşın literatür içerisinde birçok farklı tanımlama yapılmıştır. Bu tanımlamalardan bazılarını ise aşağıdaki tabloda incelemek mümkündür.

Tablo 1: Tedarik Zinciri Tanımları

YAZARLAR	TANIMLAMALAR
(Scott & Westbrook, 1991)	Tedarik zinciri, hammaddelerin nihai bir ürüne dönüştürülmesinden son tüketiciye ulaşmasına kadar gerçekleşen tüm süreçleri ifade etmektedir.
(Ganeshan & Harrison, 1995)	Tedarik zinciri, hammaddelerin satın alınması, ürünlere dönüştürülmesi ve bu ürünlerin dağıtım platformları aracılığıyla son kullanıcılara tedarik edilmesi rolünü üstlenen ortakların oluşturduğu bir yapıdır.
(Towill, 1997)	Tedarik zinciri, mal, bilgi ve sermaye akışıyla ilişkili tedarikçileri, imalatçıları, distribütörleri ve müşterileri içeren bir süreçtir.
(Hines, 2004)	Tedarik zinciri, değeri mal ve hizmetlere dönüştürmek için birçok düzeyde yukarı ve aşağı bağlantılar yoluyla birbirine bağlanan ortakların bir kombinasyonudur.
(Chopra & Meindl, 2008)	Tedarik zinciri, müşteri ihtiyaçlarına cevap vermede doğrudan veya dolaylı olarak sorumlu olan tüm süreçlerle ilgilidir.

Timur, vd. (2013)'e göre ise tedarik zinciri, bir ürün veya hizmetin geliştirilmesi, satılması ve kullanılması için gerekli olan şirketleri ve bu şirketler tarafından alınan aksiyonları içermektedir çünkü şirketlerin hayatta kalması, ihtiyaç duydukları gereksinimleri karşılayan tedarik zincirine bağlıdır. Piyasa durumunun nasıl değiştiği ve şirketler için belirsizliğin nasıl geliştiği, içinde bulundukları tedarik zincirinin yapısına ve bu zincirde oynadıkları role bağlı durumdadır. Tedarik zincirinin yapısını bilen ve bu zincire dahil olan işletmeler ise sürdürülebilir bir rekabet avantajına sahip olarak kendi pazarlarında hakimiyet kurmaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi kavramı da tedarik zinciri gibi birden fazla şekilde tanımlanabilmektedir. Bu kapsamda Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi (CSCMP, 2016) tarafından “tedarik zincirinin ve bu zincir içinde yer alan tüm şirketlere ait işletme fonksiyonları ve fonksiyonlara ait faaliyet planlarının,

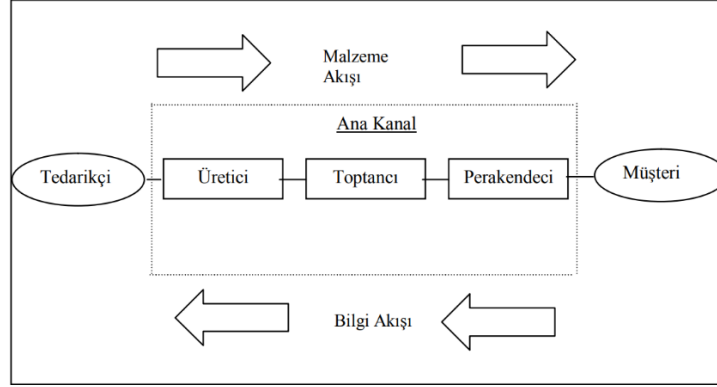
zincirdeki tüm şirketleri kapsayacak şekilde oluşturulan stratejik ve sistematik koordinasyonudur.” şeklinde yapılan tanım kapsayıcılığı bakımından sıklıkla tercih edilmektedir. Levi ve Kaminsky (2001) tarafından yapılan bir tanımlamada ise tedarik zinciri yönetimi; tedarikçileri, üreticileri, depoları ve mağazaları bir araya getirerek maliyetlerin azaltılması ve müşterilerin memnuniyetini dikkate alarak doğru miktarda, doğru yerde ve doğru zamanda üretip satmak için kullanılan çoklu yaklaşımlar olarak tanımlanmaktadır.

Son yıllarda tedarik zinciri yönetimi ile ilgili yapılan en güncel tanımlamalardan birisini ise Acar ve Köseoğlu (2020) yapmıştır. Bu tanımlamaya göre tedarik zinciri yönetimi; zincirdeki tüm şirketleri kapsayan ve bu şirketlerin tedarik zincirini ve uzun vadeli performansını iyileştirmek için ilgili şirketlerin iş fonksiyonlarının, süreçlerinin ve planlarının stratejik ve sistematik yönetimidir.

Tanımlardan yola çıkılacak olursa tedarik zinciri yönetimi ile ilgili söylenebilecek ilk durum, tedarik zinciri yönetiminin süreçler içerisindeki maliyetleri yönetmekle uğraştığı ve müşterilerin kalite ve miktar açısından istediklerine uygun bir ürün teslim etme sorumluluğuna sahip olduğudur. Bir diğer durum ise tedarik zinciri yönetiminin amacının toplam sistem boyunca gerçekleştirilen tüm operasyonları değerli ve karlı hale getirmek olduğudur. Bu nedenle tedarik zinciri yönetimi sadece maliyetleri minimize etmekle ilişkili değil aynı zamanda stratejik, taktiksel ve operasyonel her seviyedeki şirket aktivitelerinin de tedarik zinciri yönetimi dahilinde değerlendirilmesi ve yönetilmesi ile ilişkilidir. Bu yönetim çerçevesi içerisinde gerçekleştirilen süreç ve akışlar ise Lu & Swaminathan (2015)’a göre 3 tiptedir: Ürün akışları, Bilgi akışları ve Finansal akışlar.

- Ürün akışları, bir tedarikçi ile bir müşteri arasındaki malların hareketinden oluşur ve ayrıca müşteriden tedarikçiye yapılan herhangi bir iade veya talebi içerir.
- Bilgi akışı, siparişlerin iletilmesi ve mevcut teslimatlarının organizasyonu ile ilgilidir.
- Mali akışlar, tüm ödeme işlemlerini (kredi koşulları, mülkiyet koşulları, ödeme planları, vb.) içerir.

Şekil 1: Tedarik Zinciri Akışı



Kaynak: (Özdemir, 2004:89)

Yukarıdaki şekilde de gösterilmiş olan tedarik zinciri içerisinde gerçekleştiren ürün, bilgi ve mali akışlarda birden fazla tedarik zinciri elemanı önemli roller oynamaktadır. Hugos (2011), çalışmasında tedarik zinciri yapısındaki bu elemanları en basit şekliyle aşağıdaki gibi belirtmiştir.

- Üreticiler; bir ürünün üretilmesi faaliyetini üstlenen işletmelerdir. Bu işletmeler nihai ürün, hammadde veya her ikisini birlikte üretebilmektedir. Aynı zamanda, hizmet üreten işletmeler de üretici grubuna dahildir.
- Distribütörler; üreticiden toptan ürünleri almakta ve müşteriye teslim etmektedir. Distribütörler, müşteri hizmetleri ve özellikle satış sonrası destek sağlama gibi görevler üstlenmektedir.
- Perakendeciler; distribütörlerden aldıkları ürünleri stokta tutmakta ve küçük miktarlarda satış yapmaktadırlar. Yaptıkları satışlarda ise müşterilere fiyat, ürün seçimi, hizmet ve fayda gibi kombinasyonları uygulamaktadırlar. Müşterilerle devamlı yüz yüze olduklarından, müşteri talepleri konusunda geri dönüt almaya önemli katkılarda bulunmaktadır.
- Müşteriler; ürünü tüketmek veya üretmek amacıyla satın alan kişi, şirket veya gruplardır. Bireyler, şirketler ve kuruluşlar müşteri grubunu oluşturmaktadırlar.
- Servis Sağlayıcılar; zincir içerisindeki diğer elemanlara hizmet etmektedirler. Tedarik zinciri içinde ihtiyaç duyulan belirli konularda uzmandırlar ve bu konularda hizmet vermektedirler. Genellikle depolama ve nakliye konusunda uzmandırlar. Ayrıca danışmanlık ve finansal hizmetler sunan hizmet sağlayıcılar da mevcuttur.

Bu yapı içerisindeki elemanlar arasındaki ilişki ve faaliyetlerin yürütülmesi konusu ise tedarik zinciri yönetimi vasıtasıyla sağlanmakta ve koordine edilmektedir.

1.2. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNİN GELİŞİMİ

Tedarik zinciri yönetimi kavramı, şirketlerin ideolojisinin daha az birim üretim maliyeti ile daha yüksek miktarlarda üretim yaparak toplam üretim maliyetlerini azaltmak olduğu, seri üretim dönemi olan 1950'lerde ortaya çıkmıştır (Khan, vd., 2017: 99-100). Firmaların temel amacı karlarını ve pazar payını artırmaktır. Bu nedenle daha az maliyetle üretim yapmak bu hedefe ulaşmak için uygulanan ilk strateji olmuştur.

1960'lı yıllarda tedarik zinciri yönetimi için, üretim maliyetlerini düşürmek ve müşteri hizmetlerini iyileştirmek amacıyla satın alma, operasyon ve dağıtım departmanlarının entegrasyonundan oluşan iç entegrasyon dikkate alınmaya başlanmıştır. Ancak bu evrim üretim, lojistik, teslimat süresi ve kalite konusunda daha yüksek işlem maliyetlerine neden olmuştur. Bu nedenle 1960'ların sonunda, performansı artırmak için Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP) sistemine geçilmiştir (Dudek, 2009:9). MRP sistemlerinin devreye girmesinden sonra yöneticiler; süreç çalışmalarının üretim maliyetleri, kalite, yeni ürün geliştirme ve teslim süreleri üzerindeki önemli etkisini anlamışlardır. Bu dönemde şirketler pazarlama, üretim ve finansman ile ilgili dağıtım faaliyetlerini yürütmek için merkezi bir lojistik departmanı kurmuştur. Bu sayede her bir faaliyetin lojistiğini ayrı ayrı optimize etmektense, tüm lojistik yönetimini sisteme entegre etmenin daha iyi olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle her bir operasyonun maliyetini azaltmak yerine, tüm sistemin maliyetini bir bütün olarak ele alan bütünsel bir lojistik hizmet maliyeti yaklaşımı geliştirilmiştir (Özdemir, 2005:90).

1980'lere gelindiğinde daha iyi yönetim ve üretim için birçok teknoloji ve strateji keşfedilmeye başlamıştır. Örneğin yalın üretim, Kanban, tam zamanında üretim ve toplam kalite yönetimi çok popüler olan bu stratejilerden bazılarıdır. Bu stratejiler sayesinde firmalar yüksek kaliteli performans göstermeye ve rekabetçi mal ve hizmetler sunmaya başlamışlardır. Aynı zamanda Özdemir (2005) tarafından aktarılan bilgilere göre bu dönem içerisinde Houlihan (1985), firmanın stratejik

kararları ile lojistik odaklılığı birleştirerek tedarik zincirini tek bir olgu olarak ele almasıyla bu sistem için tedarik zinciri terimini ilk kez kullanan kişi olmuştur.

90'lı yıllarda pazarın standartları yükselmiş ve rekabet giderek daha şiddetli hale gelmiştir, bu da şirketleri hizmet fonksiyonunu entegre etmeye ve doğru müşterilere doğru zamanda bir hizmetle sunulan doğru ürünü, maliyetleri mümkün olduğunca düşük tutarak sunmaya yöneltmiştir. Bu dönemde lojistik ve stratejik tedarik zinciri daha fazla önem kazanmış ve üretim maliyetlerini düşürmeye, kaliteyi artırmaya, hızlı teslimat sunmaya, esneklik ve iyi hizmet sağlamaya odaklanılmıştır (Shukla, vd., 2011:2061). Tüm bu gelişmeler sonucunda şirketler, sadece kendi şirketlerini yönetmenin yeterli olmadığını farkına vararak tedarik zincirleri içerisindeki akış boyunca birlikte çalışmak durumunda kaldıkları firmalar arasındaki ağ yönetiminde de yer almaları gerektiğini anlamışlardır (Özdemir, 2005:91).

Tüm bu dönemler, bir şekilde tedarik zinciri yönetiminin evrimine yol açmıştır. Müşteri odaklılık artık herhangi bir işletmenin büyümesi ve başarısı için çok önemli hale geldiğinden, şirketler felsefelerini ürün merkezli olmaktan çıkartarak müşteri merkezli hale getirmişlerdir (Costinot, vd., 2011:111).

İşletmeler müşterinin gerçek ihtiyacını ortaya koyan doğru bilgiye eriştikten sonra tedarik zinciri programını oluşturabilirler. Bu nedenle tedarik zincirinin ilk aşamasının müşteri taleplerinin doğru saptanması olduğu söylenebilir. Bedük (2009)'ün belirttiği gibi tedarik zincirinde bulunan her halkanın ilk amacı, kendine ait en yeni bilgiyi zincirdeki diğer halkalarla paylaşmak ve böylece arz talep dengesinin etkinliğinin artırılmasına katkı sağlamaktır. Günümüzde tedarik zincirinin etkin bir şekilde yönetilmesiyle; kısa vadede amaç olan stok seviyelerinde düşüş sağlanarak, üretimde müşteriye hızlıca cevap verilebilmektedir. Uzun vade amaç ise doğru miktarda doğru yerde teslim edilen ürünle, müşteri beklentilerini tam olarak karşılamak ve pazar payı ile karda artış sağlamaktır (Erdem, 2013:18-19)

Literatürden elde edilen bilgilere göre tedarik zinciri yönetiminin gelişimi 7 dönemden oluşmaktadır. Bu gelişim dönemleri ve açıklamaları ise aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

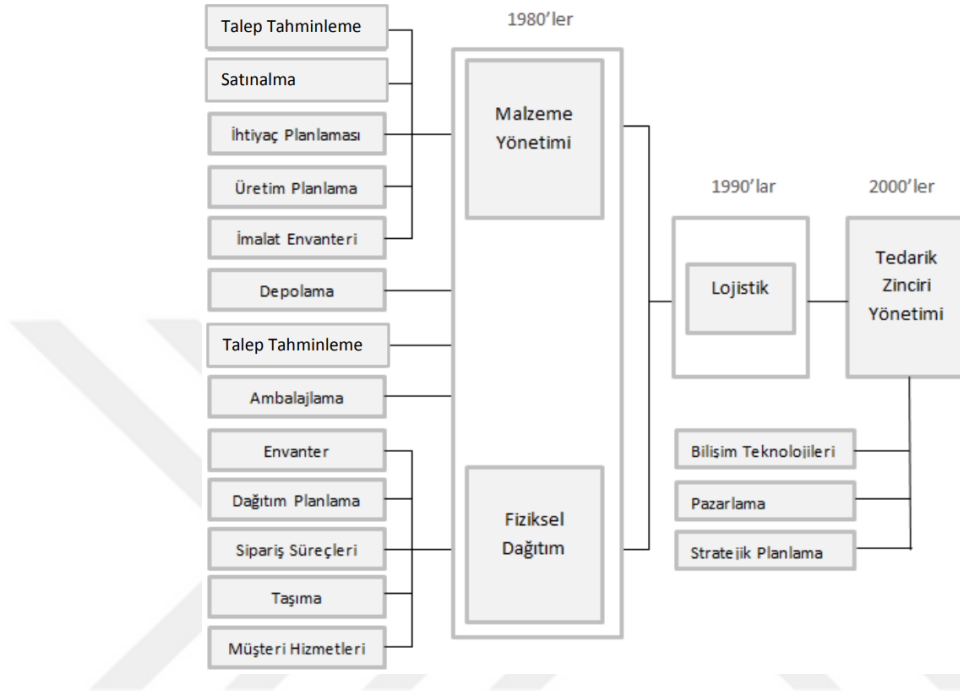
Tablo 2: Tedarik Zinciri Yönetimi Gelişim Dönemleri

Dönem Adı	Açıklama
1. Yaratılış Dönemi	Tedarik zinciri yönetimi terimi ilk olarak 1980'lerin başında bir Amerikan endüstri danışmanı tarafından ortaya atıldı. Ancak yönetimde tedarik zinciri kavramı, 20. yüzyılın başlarında, özellikle montaj hattının oluşturulmasıyla çok daha önce büyük önem kazanmıştır.
2. Entegrasyon Dönemi	Tedarik zinciri yönetimi çalışmalarının bu dönemi, 1960'larda Elektronik Veri Değişimi (EDI) sistemlerinin geliştirilmesiyle başlamış ve 1990'larda Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sistemlerinin tanıtılmasıyla birlikte yeni bir döneme başlamıştır.
3. Küreselleşme Dönemi	Bu dönem, rekabet avantajını artırma, daha fazla katma değer yaratma ve küresel kaynak kullanımı yoluyla maliyetleri düşürme hedefiyle kuruluşlarda tedarik zinciri yönetiminin küreselleşmesi ile karakterize edilir.
4. Uzmanlık Dönemi-1 (Dış Kaynaklı İmalat ve Dağıtım)	1990'larda endüstriler temel yetkinliklere odaklanmaya başlayarak bir uzmanlaşma modelini benimsemişlerdir. Bu model kapsamında şirketler dikey entegrasyonu terk ederek, temel olmayan operasyonları dış kaynak kullanımı yoluyla diğer şirketlere devretmişlerdir.
5. Uzmanlık Dönemi-2 (Hizmet Olarak Tedarik Zinciri Yönetimi)	1980'lerde nakliye şirketlerinin ortaya çıkması, envanter ve depo yönetiminin oluşmasıyla başlamış olup nakliye ve lojistiğin ötesinde tedarik planlaması, iş birliği ve performans yönetimi ile gelişimini sürdürmüştür.
6. Tedarik Zinciri Yönetimi 2.0	Ortaklar arasında yaratıcılığın, veri paylaşımının ve iş birliğinin artmasına yardımcı olan internet ve teknolojilerin kullanım çağı olarak nitelendirilmektedir.
7. Tedarik Zinciri Yönetimi 4.0	Süreç devam etmektedir.

Kaynak: (Jain, vd., 2010:12)

Tedarik zinciri yönetiminin tüm bu gelişim dönemlerinde ele almış olduğu ana odak noktaları ise aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

Şekil 2:Tedarik Zinciri Yönetimi Gelişimi



Kaynak: (Erdem, 2013:17)

Yukarıdaki şekilden de görülebileceği üzere 1980'lerde malzeme yönetimi ve fiziksel dağıtım 2 ayrı süreç olarak ele alınmakta ve farklı süreçlere odaklanılmaktaydı. 1990'lara gelindiğinde ise malzeme yönetimi ve fiziksel dağıtım süreçleri tek bir süreç olan lojistik altında bütünleşerek merkezi bir yapı halini almıştır. 2000'li yıllarda ise stratejik planlama ve pazarlama faaliyetlerinin de önem kazanmasıyla birlikte bilişim teknolojileri tedarik zinciri yönetiminde kullanılmaya başlanmış ve gelişen bilişim teknolojileri sayesinde tedarik zinciri yönetimi gelişim evresini sürdürmeye devam etmektedir.

1.3. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ SÜREÇLERİ

Gelişen ve küreselleşen ekonomi içerisinde firmaların rekabet gücünü artırabilmeleri için yalnızca kendi iç faaliyetlerine odaklanmaktan çıkarak tüm

tedarik zinciri faaliyetlerinde iç ve dış faaliyetler boyunca söz sahibi olması gerekmektedir. Bu durum ise etkin bir tedarik zinciri yönetimini işletmeler için zorunlu bir durum haline getirmiştir. Bu nedenle işletmeler rekabet gücünü ve pazar payını artırabilmek için odak noktalarını tedarik zinciri yönetimi süreçlerine çevirmişlerdir. Ponis, vd. (2013) tarafından elde edilen bilgilere göre Global Tedarik Zinciri Forumu tarafından tanımlanan tedarik zinciri yönetimi süreçleri ise stratejik ve operasyonel olarak 8 başlık altında tanımlanmıştır.

Tablo 3: Tedarik Zinciri Yönetimi Süreçleri

STRATEJİK SÜREÇLER	OPERASYONEL SÜREÇLER
MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ YÖNETİMİ (CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT)	TALEP YÖNETİMİ (DEMAND MANAGEMENT)
MÜŞTERİ HİZMET YÖNETİMİ (CUSTOMER SERVICE MANAGEMENT)	SİPARİŞ İŞLEME (ORDER FULFILLMENT)
ÜRÜN GELİŞTİRME VE TİCARİLEŞTİRME (PRODUCT DEVELOPMENT AND COMMERCIALIZATION)	İMALAT AKIŞ YÖNETİMİ (MANUFACTURING FLOW MANAGEMENT)
TEDARİKÇİ İLİŞKİLERİ YÖNETİMİ (SUPPLIER RELATIONSHIP MANAGEMENT)	İADE YÖNETİMİ (RETURNS MANAGEMENT)

Kaynak: (Ponis, vd., 2013:274)

1.3.1. Stratejik Süreçler

Tedarik zinciri yönetiminde stratejik süreçler kapsamında müşterilere, ürünlere ve tedarikçilere odaklanılmakta olup, işletmelerin müşterileri ile olan ilişki ve hizmet yönetimi faaliyetleri, ürünleri ile ilgili geliştirme ve ticarileştirme faaliyetleri ve tedarikçileri ile olan ilişki yönetimi faaliyetleri üzerinde yoğunlaşmaktadır.

1.3.1.1. Müşteri İlişkileri Yönetimi

Müşteri ilişkileri yönetimi, işletmelerin müşterileri ile iş yapmasını uzun vadede en karlı noktaya taşımaya çalışan bir yaklaşım ve müşterilerle ilişkilerin nasıl geliştirilebileceğini ve sürdürülebileceğini ele alan bir yapıdır (Civelek, 2016: 238). Müşteriler artık daha karmaşık ve çeşitli gereksinimler yaratırken, fikirlerini kendilerine daha fazla değer katabileceğine inandıkları hizmet ve ürün seçeneklerinden yana kullanmaktadırlar. Bu nedenle günümüzde işletmelerin en önemli önceliklerinden biri, mevcut müşterileri elde tutmak ve potansiyel müşterileri mevcut müşterilere dönüştürmektir (Özilhan, 2010: 22).

Müşteri ilişkileri yönetimi genel olarak 3 temel bileşenden oluşmaktadır (Urk, 2016:59).

- İnsan: Müşteri ilişkileri yönetiminde, müşterilerin istek ve beklentileri belirlenerek bu istek ve beklentilere uygun çözümler üretilmektedir.
- Süreç: Belirlenen müşteri istek ve beklentilerine uygun en etkin ve hızlı süreçlerin düzenlenmesi ve bu süreçlerin müşteri odaklı olarak yürütülmesi sağlanmaktadır.
- Teknoloji: Belirlenen müşteri istek ve beklentilerine uygun etkin ve hızlı müşteri odaklı süreçlere çözüm üretecek teknolojik altyapının oluşturulması sağlanmaktadır.

Müşteri ilişkileri yönetimi kapsamında satış öncesi ya da satış sonrasında yapılmakta olan faaliyetler ile müşteriler açısından müşterilerin kalite standartları yüksek hizmet ve ürünlere ulaşması ve faydalarının maksimuma çıkarılması sağlanırken; işletmeler açısından talepteki değişkenliğin azaltılması, maliyetlerin minimuma indirilmesi ve katma değer yaratmayan faaliyetlerin süreçlerden kaldırılması sağlanmaktadır (Korkmaz, 2010:26).

1.3.1.2. Müşteri Hizmet Yönetimi

Müşteri hizmet yönetimi, işletmelerin müşterileri ile yüz yüze olduğu tek süreçtir. İnternetin de yaygınlaşmasıyla ürün ve hizmetlerin alternatiflerine daha kolay ulaşan ve daha da bilinçlenen müşterilerle karşı karşıya gelen işletmeler sağlamış oldukları hizmet yönetimi sayesinde müşterileriyle birebir bağ kurarak ilişkilerini güçlendirebilmektedirler.

Çancı ve Erdal (2003)'a göre müşteri hizmet yönetiminde müşteriye tanımak, müşteri istek ve taleplerini tahmin etmek, müşteri ilgi alanlarını öğrenmek, müşteri beklenti ve taleplerini karşılamak, müşteriye değer vermek, vb. unsurlar temel başarı faktörleridir (Urk, 2016:64). Bu başarı faktörlerini yerine getirmeyi başaran işletmeler ise müşteri sadakati kazanılmasını sağlamakta ve müşterilerin işletmeye olan bağlılıklarının artmasına katkıda bulunmaktadır.

1.3.1.3. Ürün Geliştirme ve Ticarileştirme

İşletmeler, küreselleşen piyasalar içerisinde değişen müşteri talep ve beklentilerini karşılayabilmek amacıyla birçok ürün üretmek durumundadır. Bu nedenle müşteri ihtiyaçlarına uygun yeni ürünleri hızla geliştirip etkin bir yolla onları pazara sunmak, işletme başarısının en önemli unsuru durumundadır. Süreç içerisinde pazara yeni ürün sunma süresini azaltmak amacıyla müşterilerin ve tedarikçilerin de dahil edilmesi, müşteri talep ve beklentilerine uygun ürün üretilme süresini kısaltarak işletmelerin kısalan ürün yaşam döngüleri içerisinde rekabet avantajı ve zaman tasarrufu kazanmalarını ve doğru ürünleri kısa zaman dilimleri içerisinde pazara sunmalarını sağlamaktadır (Özdemir, 2004:93).

1.3.1.4. Tedarikçi İlişkileri Yönetimi

Tedarikçi ilişkileri yönetimi, işletmelerin müşteri ilişkileri yönetimine benzer şekilde tedarikçileri ile olan ilişkilerinin geliştirildiği süreçtir. Bu süreç kapsamında işletmeler, tedarikçileri ile sahip oldukları bilgileri ve kaynakları birleştirerek daha iyi müşteri hizmeti sunmayı, değişen müşteri talep ve beklentilerini karşılamayı ve rekabet güçlerini artırmayı amaçlamaktadırlar. Tedarikçi ilişkileri yönetimi bir nevi tüm stratejik tedarik zinciri yönetimi süreçlerinin oluşturulmasına, geliştirilmesine ve kolaylaştırılmasına katkıda bulunmaktadır. Sağlam tedarikçi ilişkisi kuran işletmeler bu sayede pazar payını artırırken aynı zamanda pazar hakimiyetinin de daha uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır.

1.3.2. Operasyonel Süreçler

Tedarik zinciri yönetiminde operasyonel süreçler kapsamında ürünlere ve ürünlere ait olan faaliyetlere odaklanılmakta olup, ürünlere ait taleplerin yönetim faaliyetlerine, gerçekleştirilen siparişlere ait faaliyetlere, üretim aşamasındaki ürünlerin üretim faaliyetlerine ve iade edilen ürünlere ait faaliyetlere yoğunlaşmaktadır.

1.3.2.1. Talep Yönetimi

Talep yönetimi süreci içerisinde, müşterilerin değişen istek, ihtiyaç ve beklentilerine uygun arz-talep miktarının dengelenmesi üzerine çalışılmaktadır. Talep yönetimi sürecini etkin bir şekilde yürüten firmalar arza denk gelen talebin üretimini gerçekleştirmekte, stok fazlasını engelleyerek maliyet tasarrufu sağlamakta ve tedarikçiler ile yapılan etkin tedarikçi ilişkileri sayesinde arz edilen ürünlerin doğru zamanda ve doğru yerde müşteriler ile buluşturulmasını sağlamaktadır (Özyörük, 2008:67). Bu durum aynı zamanda verimli ve etkin bir ürün-hizmet akışının geliştirilmesine de katkıda bulunmaktadır.

1.3.2.2. Sipariş İşleme

Etkin bir tedarik zinciri yönetiminde kilit rol oynayan sipariş işleme süreci müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesini, tedarik ağının planlanmasını ve siparişlerin yerine getirilmesini kapsamaktadır. Sipariş işleme sürecinde önemli olan unsur ise sipariş işleme bakımından müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmektir. Müşteri ihtiyaçlarının etkin bir şekilde karşılanabilmesi için işletmelerin üretim, lojistik ve pazarlama planlarını bir araya getirmeleri gerekmektedir. Tüm bunların yanı sıra etkin bir sipariş işleme sürecinden bahsedebilmek için işletmelerin müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilmek ve müşteriye toplam teslim maliyetini azaltabilmek amacıyla tedarik zincirindeki önemli üyelerle ortaklıklarını geliştirmeleri gereklidir (Dinçer, 2009:192).

1.3.2.3. İmalat Akış Yönetimi

İmalat süreçlerinin esnekliği, işletmelerin pazar değişikliklerine cevap verebilmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Sevimli, 2007:12). İmalat akış yönetimi bu noktada, işletmelerin tedarik zinciri içerisinde var olan tüm mal ve mamullere ilişkin faaliyetlerin tedarik zinciri katılımcıları arasındaki hareketlerini düzenlemeyi, tedarik zincirinin esnekliğini sağlamayı ve tüm bu faaliyetleri yönetmeyi amaç edinen bir süreçtir. Bu süreç içerisinde üretimin nerede ve ne zaman yapılacağı belirlenmekte, talebe uygun üretim planlaması yapılmakta ve malzeme stok seviyelerinin kontrolü yapılmaktadır (<https://tedarikzinciri.wordpress.com/>).

Bilişim teknolojilerinin gelişimi, imalat akış yönetimini kolaylaştırıcı uygulamaların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu uygulamalardan en çok kullanılanlar ise Malzeme İhtiyaç Planlama (MRP) ve Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) sistemleridir.

MRP sistemi, envantere ilişkin stok miktarı ve dökümlerini takip ederek hangi zamanda ve ne kadar sipariş verileceğine ilişkin sorunlara optimum çözümler sunan bir sistemdir. İşletmeler bu sayede gerektiği zamanda sadece gerektiği kadar ürün bulundurarak stok seviyelerini ve yatırımlarını minimize edebilmektedir (<https://www.emsteknoloji.com/>).

ERP sistemi ise işletmelerin tedarik faaliyetlerinden satış sonrası müşteri desteğine kadarki tüm süreçlerin tek bir platformda entegre edilmesini sağlamak ve böylece tüm faaliyetlerin takibini ve analizini kolaylaştırmaktadır. Tüm sistem içerisinde sağlanan bu bütünlük sayesinde kaynakların verimliliği, iş performansının artırılması, doğru bilgi akışı ve alınan kararların doğruluğu ile ürün ve hizmetlerde kalite artışı, imalat süreçlerinde hız ve standartlaşma, stok seviyelerinde ve yatırımlarında azalma ve iş süreçlerinde koordinasyon sağlanmaktadır (Güleş, vd. 2005: 96; <https://www.uyumsoft.com/>).

1.3.2.4. İade Yönetimi

İade yönetimi süreci, tedarik zinciri yönetiminin en hassas ve kritik süreçlerinden biridir. Bu nedenle pazardaki rekabet avantajını sürdürülebilir hale

getirmek isteyen işletmelerin iade sürecini etkin bir şekilde yönetmesi gerekmektedir. İade yönetimi süreci içerisinde işletmelerin tepki hızı, tedarik zinciri yönetiminin verimliliğini etkileyen bir faktördür çünkü işletmelerin iade taleplerine olan tepki hızı, müşteriler açısından şirket imajını artıran ve müşteri ilişkilerini geliştiren bir etkidir.

1.4. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNİN İŞLETME PERFORMANSINA ETKİSİ

Tedarik zinciri ve yönetimi kavramlarının işletmeler tarafından etkili bir şekilde anlaşılması ve uygulamaya konulması; karlılıklarının artmasını, maliyetlerinin minimize edilmesini ve en önemlisi müşterilerine sunacakları mal-hizmet kalitesi ve değerinde önemli artışlar sağlamaktadır. Bu nedenle karlılık ve maliyet gibi değerler işletmelerin finansal raporlarında ve göstergelerinde görülebilmesine rağmen işletme performansına direkt etki eden ve müşteri değeri yaratan faaliyetlerin işletme performansına olan etkisinin de incelenmesi tedarik zincirinin verimliliği konusunda yol gösterici bir etken olacaktır. Bu kapsamda incelenen etkin bir tedarik zinciri yönetiminin işletme performansına olan bazı etki alanları aşağıdaki bölümlerde yer almaktadır.

1.4.1. Üretim Verimliliği

Üretim verimliliği ile ilgili geçmişte yapılmış çalışmalarda ürün maliyetini azaltmak amacıyla kullanılacak olan malzemeleri en ucuza mal etme çabaları hâkimdir. Ancak günümüz şartlarında asıl ana maliyet kalemini üretim operasyonlarının tasarımı etkilemektedir (Zalluhoğlu, 2007:26). Bu nedenle tedarik zinciri yönetiminin amacı; talebi karşılayan hammadde ve diğer girdi maliyetleri, gelen lojistik maliyetleri, tesis yatırım maliyetleri, imalat maliyetleri, dağıtım merkezi maliyetleri, stok taşıma maliyetleri, tesisler arası taşıma maliyetleri ve giden lojistik maliyetleri gibi maliyet kalemlerini en az seviyeye indirmektir (Paksoy, 2003:152).

Bu amaç kapsamında doğru planlanmış bir tedarik zinciri, kaynakların etkin kullanımını sağlarken aynı zamanda talep miktarındaki ve üretim şartlarındaki beklenmeyen değişimlere karşı hızlı bir biçimde tepki verebilmektedir. Böylece işletmenin içsel verimliliğinin ve üretim etkinliğinin artması sağlanabilmektedir.

1.4.2. Ürün Sevkiyatı

Tedarik zinciri yönetimini etkin kullanan firmalar, ürünlerini son kullanıcının tüketimine daha hızlı bir şekilde ulaştırabilir ve taleplere daha esnek bir biçimde cevap verebilir. İşletmeler, tedarik zinciri içerisindeki tüm işlemlerini birleştirerek ürünlerin müşteriye ulaştırılma süresini en düşük seviyeye indirebilmektedirler (Türköz, 2007: 22). Bu sayede müşteriye sunulan hizmet kalitesi artırılması ile müşteri memnuniyeti de sağlanabilmektedir.

Her işletmenin içerisinde bulunduğu tedarik zincirindeki pazar talepleri ve üretim zorlukları kendine has olduğu için işletmeler, stratejilerini bu gibi ayrıntıları dikkate alarak belirlemelidir. Müşteri memnuniyetini sağlamak için hizmetlerdeki belirsizlikleri ortadan kaldırmak gerekmektedir. Bu belirsizlikler arasında en önemlisi ise belirsiz teslim tarihidir.

Tedarik zinciri üyeleri arasında bilgi paylaşımının koordinasyonu ve senkronizasyonu ise oluşabilecek belirsizliğin azaltılmasını sağlayarak tedarik zincirindeki işletmelerin stoklara daha fazla yatırım yapmasını engellemektedir. Bu durum ise etkin bir tedarik zinciri yönetiminin en önemli avantajlarından birisi olarak görülmektedir (Özdemir, 2004:93). Etkin bir tedarik zinciri yönetimindeki koordinasyon ve senkronizasyon sayesinde belirsizliklerin giderilmesiyle birlikte tedarik zinciri katılımcıları arasındaki bilgi paylaşımı artmakta ve işletmelerin teslimat performansı iyileşmektedir.

1.4.3. Talep Yönetimi

Küreselleşmenin getirmiş olduğu zorluklara rağmen bu durumu avantaj haline getirmek isteyen işletmeler, müşterileri ile devamlı diyalog halinde olarak müşteri taleplerinin ne yönde geliştiğini takip etmekte ve gelecekteki ihtiyaçların ne yönde

değişiklik göstereceğini tahmin etmeye çalışmaktadır çünkü değişim ve gelişimleri takip ederek müşteri memnuniyetinin en üst seviyede tutulması işletmelerin devamlılığı açısından zorunlu bir durum haline gelmiştir. Bu durum ise işletmelerin küresel tedarik ağı içerisinde yeni geliştirdikleri ürünlerle rakiplerinin önüne geçmesini ve aynı zamanda yeni müşteriler kazanmasını sağlamaktadır.

Talep yönetimi süreci, müşterilerin ihtiyaçları ile işletmenin arz miktarının talep tahmini ile dengelendiği ve üretimle ilgili tüm departmanların bu tahminle koordine edildiği bir süreçtir. Öngörülemeyen durumların planlanması ve bu planların yönetilmesi gibi süreçler de üretim, satın alma ve dağıtım gibi departmanların ortak çalışmaları ile bu süreç içerisinde gerçekleşmektedir (Özdemir, 2004:92).

Müşteri talebinin belirsiz olduğu durumlarda ise üreticilerin tedarikçileri ile yakın ilişki kurması ve karşılaşılan ani durumlarda iş birliği yaparak çaba gösterilmesi önemlidir. Bu nedenle talep karşılama düzeyini artırmak için tedarikçilerin seçimine de dikkat edilmelidir.

1.4.4. Ürün Kalitesi

Tedarik zinciri yönetiminin işletme performansını etkilediği bir diğer konu ise ürün kalitesidir. Firmaların içinde bulunduğu şartlar göz önüne alındığında üretim içerisinde yeniden işleme, hurda, atık, kayıp zaman, vb. gibi maliyetleri arttırıcı etkenler ortaya çıkabileceği için tedarikçilerden gelen yüksek kaliteli ürünlerin kullanımı, maliyetleri azaltmak ve finansal performansı iyileştirmek için çok önemlidir. Bedük (2009)'e göre kalitesiz ürünlerin kullanımı sonucu ortaya çıkan nihai ürün de kaliteden yoksun bir ürün olmaktadır ve bu da işletmenin üretim ve kontrol maliyetlerinde artışa sebep olmaktadır (Erdem, 2013: 30-31).

Kalitesiz ürünlerin kullanımı kısa vadede işletmeler için fiyatlar üzerinde avantajlı gibi görünse bile uzun vadede işletmelerin genel maliyetlerini arttırmakta, imajını zedeleyebilmekte ve pazar payını düşürebilmektedir. Bu sebeple Yayla (2019)'nın da aktardığı üzere tedarikçiler tarafından sağlanan kaliteli ürünler sayesinde hem maliyetler azalmakta ve finansal performans artmakta, hem de müşteri memnuniyeti sağlanarak operasyonel performans artmaktadır. Sonuç olarak

tedarik zinciri yönetiminde kaliteli ürünlerin kullanılması, işletme performansına olumlu yönde katkı sağlamaktadır.

1.5. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDEKİ MEVCUT SORUNLAR

Tedarik zinciri yönetiminde yer alan sorunlar zamana, duruma, koşullara, ülkelerin siyasi, sosyal ve teknolojik birçok gelişmesine bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu nedenle sorunların ele alınışında birden fazla başlık ve bununla oluşan bir çeşitlilik söz konusu olmaktadır. Literatürde yer alan araştırmaların önemli bir kısmı genel bir bakış açısı sunmaktan ziyade daha çok sektörlere özgü sorunları ve bunların ne şekilde ele alınması gerektiği üzerinde durmuştur.

Araştırmanın genel yapısından uzaklaşmamak ve farklı alanların bilgi sorunu ile karşılaşmamak için bu kısımda günümüzde yer alan sorunlara genel bir bakış açısı sunulması hedeflenmektedir. Bu sayede tedarik zinciri yönetiminin tek bir sektör üzerindeki değil genel bir alana yayılmış tüm sektörleri kapsayan sorunlarının ve eksiklerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Tedarik zinciri yönetimindeki sorunlardan en önemlisi müşterilerin ve alıcıların ürünlerin gerçek değerini ve kökenini tam olarak bilememeleridir. Bu durumun sebebi ise mevcut tedarik zinciri sisteminde bilgi paylaşımı, şeffaflık ve izlenebilirlik eksikliğinin bulunmasıdır. Bu eksiklikler aslında önemli bir iş zorluğunu da beraberinde getirmektedir çünkü işletmeler tedarik zincirlerinin akışı içerisindeki bilgilerden çok azına sahip olabilmektedirler.

Mevcut tedarik zinciri yönetimi içerisinde tüm belgeler ve veriler merkezi kuruluşlar tarafından toplanmakta ve depolanmaktadır ancak bu durum tedarik zincirinin merkezileştirilmesine ve işletmelerin bilgi akışı içerisindeki hakimiyetinin azalmasına neden olmaktadır (Turgut, 2020:4-5). İşletmeler arasında gerçekleşen işlemlere ait bilgi akışını bir arada tutmak, tedarik zinciri yönetimindeki mevcut sistemler ile mümkün olmadığından tam bir izlenebilirlik sağlanamamakta ve bu nedenle işletmeler ile müşteriler ürünlerin gerçek değerini ve kökenini tam olarak bilememektedirler.

Günümüz tedarik zinciri süreçleri küreselleşme, hızla gelişen teknolojiler ve artan müşteri talepleri ile çok daha karmaşık ve dinamik bir pazarda gelişmekte ve

buna bağı olarak performans artışı, risklerin azaltılması, süreçlerin verimlilik ve etkinliğinin artırılması gibi hedefler tüm bu süreçlerin tedarik zinciri katılımcıları arasında iş birliği ile olması gerektiğini göstermektedir. Bu hedeflere ulaşmak için ise taraflar arasında tam bir güven ortamı olmalıdır. Hızla değişen ekonomi ve küreselleşmenin yarattığı karmaşık süreçler, şirketlerin verimli süreçlere sahip olmaları ve sadece kendilerini değil, aynı zamanda tedarik zincirinin genel performansını geliştirmeleri için iş birliği yapmalarını gerektirmektedir (Akben ve Çınar, 2018:1453).

Tüm dünyanın etkisini yaşadığı ve insan hayatının hemen her alanında ciddi etkilenmelerle karşı karşıya kaldığı savaş ve kıtlık, doğal afetler gibi durumlara hazırlık ve benzeri süreçleri yaşamaya benzer bir yaklaşımla yaklaştığı Covid-19 pandemi süreci tedarik zinciri yönetimi alanında etkisini en çok hissettiren durum olma noktasına gelmiştir. Araştırmacılara göre bu sürecin içinde bulunduğu öngörülebilir olmama durumu nedeniyle, tedarik zinciri alanı bu noktada ciddi bir zarar görmüştür (Dutta, vd., 2020: 32). Covid-19 ve tedarik zinciri yönetimindeki sorunlar arasındaki ilişki incelendiğinde ortaya çıkan sorunlar şu şekilde ifade edilir (Dutta, vd., 2020: 37; Shamout, 2019:619):

1. Malzemelerdeki yetersizlik; tüketiciler için daha önce hiç göstermedikleri kadar taleplerde artışın meydana gelmesi ve bunun ani, öngörülebilir olmayan bir noktada olması nedeniyle malzeme noktasında tedarik sağlayıcılar açısından bir endişe söz konusu olmuştur. Tedarik Yönetimi Enstitüsü (ISM) tarafından yürütülen bir çalışmada “rekord uzunlukta tedarik süreleri, geniş çaplı kritik temel malzeme kıtlığı, artan emtia fiyatları ve ürünlerin endüstriler arasında taşınmasındaki zorluklar” olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.
2. Talep tahmini zorluğu; dünya çapında etkisini göstermiş olan bir pandemi ve pek çok ülkenin tam kapanma süreci ile karşı karşıya kalması, tedarik zinciri yönetimi noktasında önemli bir sorunu meydana getirmiştir. Bu sorun perakende ve tüketici mallarının tedarikçiler için tahmini ve öngörüsü zor bir noktaya gelmesi olarak ifade edilir. Pek çok tedarik zinciri sistemi bu süreçte veri odaklı olmaktan ziyade tahmini olarak tedarik zinciri sürecine dahil olduğunu ifade etmiştir.
3. Limanlarda tıkanıklık; süreç içerisinde meydana gelen limanlardaki tıkanıklık hali, limanların yetkilileri, taşıyıcılar ve nakliye işlemlerini gerçekleştirenler arasında

bütünsel olarak sorunların meydana gelmesine neden olmuştur. Bu alanda hızlı ve etkili çözüm arayışları bir odak noktası haline gelmiştir. Bunun en temel nedeni ise bu durumun tedarik zinciri yönetimi açısından büyük bir sorun olarak görülmesi şeklindedir.

4. Değişim gösteren tüketici tutumları; tüketicilerin hali hazırda olan tutumları ve davranışlarında pandemi sürecinde büyük bir değişim yaşanmış ve tedarik zinciri yönetim sistemi bu noktada ürün tesliminin hızı ve olumlu müşteri deneyimleri gibi konulara daha fazla alan ayırmak zorunda kalmıştır.

5. Dijital dönüşüm; tedarik zincirinde gerçekleşecek operasyonlar söz konusu olduğunda dijital dönüşüm ve IoT önemli bir kaynak olarak ifade edilir ancak bu karmaşık bir yapı olarak da değerlendirilir. Yapay zekâ, blok zinciri teknolojisi, insansız hava araçları ve elektrikli araçlar gibi pek çok yapı dijital dönüşümü destekleme noktasında gelişime açık olarak değerlendirilmesine karşılık, pandemi sürecinde kullanılabilir olma noktasında verimli bir sonuca götürecek zemine hazır olamamıştır.

Bu nedenle tedarik zincirindeki mevcut sorunlara bir çözüm getirebilmek adına tedarik zinciri katılımcılarının yeni teknolojik gelişmelere açık olması ve bunları benimseyerek uygulamaya koyması gerektiği aşikardır. Teknolojik gelişmeler ele alındığında blok zinciri teknolojisi, nesnelerin interneti (IoT) ve RFID gibi bilişim teknolojileri, tedarik zinciri yönetimindeki izlenebilirlik, şeffaflık, güvenilirlik, belge yönetimi, vb. sorunlara getirdikleri çözümler sayesinde tedarik zinciri yönetimini tamamlayıcı ve gerçekleştirilen operasyonları kolaylaştırıcı teknolojik dönüşümler olarak görülmektedir. Bu nedenle ilerleyen bölümlerde bu teknolojilere ve bu teknolojilerin tedarik zincirinde kullanımı ile ilgili bilgilere yer verilecektir.

1.6. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE KULLANILAN TEKNOLOJİLER

Günümüzdeki lider firmaları diğerlerinden ayıran en önemli faktör yeni teknolojileri uygulamadaki başarılarıdır. Bu nedenle tedarik zinciri yönetimini etkin bir şekilde yönetmek isteyen firmaların bu teknolojilerden hem örgüt içerisinde hem de örgütler arası faaliyetlerde faydalanması gerekliliği aşikardır çünkü işletme

faaliyetlerinin koordinasyonu tedarik zinciri yönetiminin esasını oluşturmaktadır (Özçifçi, 2009:71).

Geleneksel bir tedarik zinciri yapısında perakendeciler müşteri bilgilerini doğrudan görebilirken, diğer tüm tedarik zinciri katılımcıları sadece bir önceki katılımcıdan aktarılan bilgilere sahip olabilmektedir. Bu sebeple geleneksel tedarik zincirlerinde bilgi hem yok edilmekte hem de elde edilmesi zaman aldığından değerini yitirmektedir. Tam zamanlı bilgi paylaşımı ise ancak tüm tedarik zinciri üyelerinin birbirine bağlı olduğu bir bilgi akış ağı ile sağlanabilmektedir. Bu ağ sayesinde zincirdeki tüm katılımcılar birbirleriyle doğrudan iletişim kurarak bilgiye sahip olabilmektedir (Ecevit, 2002:162-165).

Tedarik zinciri yönetiminde birden fazla teknoloji birlikte kullanılmakta ve bu alandaki çalışmalar giderek artmaya devam etmektedir. Araştırmanın bu kısmında tedarik zinciri yönetiminde kullanılan ve mevcut tedarik zinciri sorunlarına karşı bir çözüm aracı olarak görülmekte olan teknolojiler kapsamında nesnelerin interneti (IoT), RFID (Radio Frequency IDentification) ve blok zinciri üzerine araştırma yapılacaktır.

1.6.1. Nesnelerin İnterneti (IoT)

İnternet sisteminin yaşam içerisinde uğramış olduğu değişimler beraberinde birçok alanda da değişimler meydana gelmesine neden olmuştur. Bu alanda yaşanan gelişmeler sayesinde yatay ve dikey pazarda önemli bir unsur haline gelen kavramlar meydana gelmeye başlamıştır (Zorzi, vd., 2010: 47). Bunlar arasında yer alan nesnelerin interneti (IoT), ilk olarak tüm nesneleri içinde bulundukları emtia zinciri aracılığıyla takip etme imkânı sağlamış ve öngörülebilir olma ihtiyacı olan şirketlerin bu noktadaki ihtiyaçlarını karşılamayı hedeflemiştir.

Nesneleri kodlama ve izleme yeteneği, şirketlerin daha verimli hale gelmesine, süreçleri hızlandırmasına, hataları azaltmasına, hırsızlığı önlemesine ve IoT aracılığıyla karmaşık ve esnek organizasyonel sistemleri birleştirmesine olanak sağlamıştır. IoT, bilgi işlem ve iletişimin geleceğini temsil eden teknolojik bir devrim olarak görülmekte ve gelişimi, kablosuz sensörlerden nanoteknolojiye kadar birçok

önemli alanda dinamik teknik yeniliklere bağlantılı olacak şekilde ele alınmaktadır (Gluhak ve Krco, 2011: 63).

IoT, bilişim teknolojileri alanında yeni bir paradigma kayması olarak ifade edilmekte ve “internet” ile “şeyler” anlamına gelen iki kavramın bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. İlk kullanımı dijital inovasyon uzmanı Kevin Ashton'a atfedilmiş olsa da terimi tanımlayan akademisyenler, araştırmacılar, uygulayıcılar, yenilikçiler, geliştiriciler ve kurumsal kişiler gibi birçok farklı grup bulunmaktadır. Tüm tanımların ortak noktası, İnternet'in ilk sürümünün insanlar tarafından oluşturulan verilerle ilgili olduğu, sonraki sürümün ise nesneler tarafından oluşturulan verilerle ilgili olduğu fikridir. IoT için genel olarak kullanılan tanım ise şu şekildedir: “Otomatik düzenleme, bilgi, veri ve kaynakları paylaşma, durumlar ve ortamdaki değişiklikler karşısında tepki verme ve hareket etme kapasitesine sahip açık ve kapsamlı bir akıllı nesne ağı” (Darianian, 2008: 119). IoT yapısı gün geçtikçe olgunlaşmaya başlamış ve teknoloji dünyasındaki en yeni, en çok konuşulan kavramlardan birisi haline gelmiştir.

Son on yılda IoT terimi, ağı bağlı fiziksel nesnelerin küresel bir altyapısı vizyonunu yansıtarak, yalnızca herhangi biri için değil, herhangi bir zamanda, herhangi bir yerde bağlanılabilirliği sağlayarak dikkatleri üzerine çekmiştir. Kavram, her nesneye benzersiz bir kimlik sağlayarak, dünyadaki herhangi bir şey olan insandan insana, insandan nesnelere ve nesnelerden nesnelere iletişimi sağlayan küresel bir ağ olarak da düşünülebilir. Bu nedenle IoT, hemen hemen her şeyin bağlanabildiği ve daha önce hiç olmadığı kadar akıllı bir şekilde iletişim kurduğu bir dünyayı tanımlamaktadır (Gluhak ve Krco, 2011: 65).

1.6.2. RFID

Bilgi alışverişinde nesnelerin internetini (IoT) kullanmak için, RFID (Radio Frequency Identification) ve WSN (Wireless Sensor and Actuator Network) gibi teknolojileri içeren internet tabanlı modeller kullanılmaktadır. RFID; okuyucu, etiket ve anten olmak üzere 3 temel bileşenden oluşmaktadır (Çalık, 2020:22).

- Okuyucular; nesnelere yerleştirilmiş etiketler sayesinde nesneye ait bilgileri, radyo dalgalarını kullanarak sayısal bir kod şeklinde alan bileşenlerdir.

- Etiketler, bilgileri saklayan bileşenlerdir.
- Etiket ve okuyucu arasındaki iletişim ise antenler aracılığı ile gerçekleşmektedir. Bu etiket radyo frekansı (RF) okuyucusu tarafından tarandığı zaman kayıtlı olan bilgiyi okuyucuya gönderebilmektedir.

RFID teknolojisi bu şekilde nesnelere yerleştirilen ya da taşınabilir etiketler sayesinde birçok alanda bilgi saklama, kontrol ve takip işlemi sağlamakta ve diğer kablosuz teknolojilerle entegre çalışabilme imkânı vermektedir. RFID teknolojisi bu sayede işletmelerin tedarik zincirlerini kontrol etmelerinde karşılarına çıkan problemleri çözmede yardımcı olmakta ve tedarik zincirinde bilgi eksikliğine dayalı problemlerin çözümünde kullanılmaktadır (Sevinç, 2008:72). Başta tedarik zincirleri olmak üzere sağlık, hayvancılık, eğitim, güvenlik vb. birçok alanda uygulanabilen bu teknoloji sayesinde işletmeler personel masraflarını azaltabilmekte, stok kontrolünü otomatikleştirebilmekte ve ürün takibini anında yapabilmektedir.

1.6.3. Blok Zinciri

Blok zinciri teknolojisi, gerçekleştirilen her türlü işlem ve verilerin gizli kalması, bütünlüğün korunması ve uzun süreli saklama alanına sahip olmasıyla “son teknoloji” olarak değerlendirilir. Blok zincirin ağ üzerinden dağıtılan dijital paylaşımlı bir deftere sahip olması, kayıtların eklenmesinin ardından önceki kayıtların değiştirilememesi, kullanıcılar tarafından izlenebilir olması gibi özellikler, gerçekleşen ticari işlemlerin güvenlik alanında yüksek bir noktaya erişmesine olanak sağlamaktadır. Genel olarak blok zincirin ağdaki her bir kullanıcı tarafından erişilebilir olması ve eşler arası ağlar üzerinden uygulama alanı sunması sayesinde birden fazla işlemin var olduğu sistemler için tercih edilebilirliği yüksek bir teknoloji olarak görülmektedir (Jaroodi ve Mohamed, 2019: 36512).

Blok zinciri, malzeme tedarikçilerinden tüketici dağıtımına kadar olan her türlü tedarik zinciri yönetimini kendi teknolojisi içerisine entegre edebilmesi sayesinde yüksek düzeyli bir işlevselliğe sahip olan bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir. Blok zincir teknolojisi sayesinde tedarik zinciri yönetiminin çok işlevli sistemi yeniden yapılandırılabilir ve güvenli bir sistem üzerinde ilerleyebilir hale gelmektedir (Peck, 2017: 53).

Blok zincir teknolojisi dinamiği, tedarik zinciri yönetimlerine güvenli ve şeffaf bir alan sağlayacak şekilde temellendirilmiştir. Standart bir blok zinciri sisteminin genel mekanizması şu şekilde ifade edilir: Blok zincirde yer alan her blok, bir algoritmayla fikir birliği sayesinde oluşmuş karma numaraya sahiptir. Var olan bloklar, güvenli ve bağımsız bir zincir oluşturan bir önceki bloğun karma değerine göre birbirine bağlanmıştır. Blok zincire blok eklemekten önce blok zincir madenciliği olarak ifade edilen iş kanıtı olan doğrulamalar gerekir. Doğrulamanın gerçekleşmesinin ardından blok, var olan ağı denetlenen ve değişmez bir yapıya haline gelmektedir. Tedarik zinciri yönetimi alanı blok zincir teknolojisinde olduğu gibi gelişime ve yeni uygulamalara açık bir alan olarak değerlendirilmektedir ancak mevcutta yer alan tedarik zinciri yönetimi sistemlerindeki hatalar, işlem maliyetleri, yönetsel sorunlar ve dolandırıcılık gibi süreçler meydana gelebilmektedir. Tedarik zinciri yönetiminde yer alan bu sorunların, blok zinciri sistemi sayesinde kayıtları dağıtılmış ve merkeziyetsizleştirilmiş bir şekilde düzenlenmesi yoluyla çözümü bulunmuştur (Jaroodi ve Mohamed, 2019: 36514). Şeffaf, güvenilir, özgün, maliyetin düşük olduğu bir yapı ve kayıt dağıtımının düzenlenmesi sağlanmıştır. Tedarik zinciri yönetiminde blok zinciri teknolojisiyle gerçekleştirilen işlemler güvenli, ekonomik ve şeffaf olma özelliği göstermektedir (Peck, 2017: 57).

Yaygın olarak blok zincirindeki dağıtılmış defter sisteminin tedarik zincirindeki riskleri azaltmaya yardımcı olduğu ifade edilmektedir. Blok zincir teknolojisi gerçek zamanlı sipariş yerleşimini ve üretim görevlerinin otomasyon sistemini de kolaylaştırıcı özelliğe sahiptir. Tüm bu özelliklerin bir araya gelmesi sayesinde blok zincir teknolojisi, tedarik zinciri yönetiminde belirli avantajlara sahiptir. Querioz, vd. (2019: 246), çalışmalarında blok zincir ve tedarik zinciri yönetimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu avantajlar şu şekilde örneklendirilebilir:

- Veri yönetimi; blok zincir sayesinde depolanması sağlanan verilerin güvenlik düzeyi artar ve tüm bilgilerin gerçek zamanlı takibi yapılır.
- Şeffaflığı artırır; gerçekleşen işlem sırasında işlemi gerçekleştiren ürünün takibini sağlar ve veri analizi için gerçekleşen eylemlerin otomatik bir hale gelmesine yardımcı olur.
- Takip sürecini etkili yönetir; var olan kaynakların daha etkili ve dinamik kullanımı için zamana dayalı tedarik zinciri yönetimi oluşturur.

- Akıllı sözleşme sistemi; her fonksiyona yönelik özelleştirilmiş olan sözleşmeler sağlar, iş operasyonlarının yürütülmesi için süreç tasarımlarına kolaylık sağlar, aracı şirket ihtiyacının ortadan kalkmasını sağlar.
- Merkeziyetsizlik; kesintisiz bir işlem zinciri sağlar, işlemlerin hızlı bir yapıda ilerlemesini sağlar, süreç içerisindeki katılımcıların güveninin oluşmasını sağlar.

Blok zinciri denilince akla ilk gelen bu açıklamaların dışında blok zincirine ait daha detaylı bilgilere ve blok zinciri teknolojisinin tedarik zinciri yönetiminde kullanımına yönelik örneklerle ise araştırmanın ilerleyen bölümlerinde yer verilecektir.



İKİNCİ BÖLÜM

BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİSİ VE TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

İLİŞKİSİ

2.1. BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

1976 yılında “dağıtılmış defter kavramı” üzerine bir tartışmayı incelemek üzere “Kriptografide Yeni Yönler” başlıklı bir makale yayınlanmıştır. Bu makalenin ardından kriptografi alanında yaşanan ilerlemelerle birlikte bu alana yönelik yeni makaleler de yayınlanmaya başlamıştır. Bunun en temel örneklerinden biri Stuart Haber ve Scott Stornetta (1990) tarafından yayınlanan “Dijital Belgeye Zaman Damgası Nasıl Yapılır?” başlıklı makaledir. Bu çalışmalarında araştırmacılar, verilerin zaman damgası kavramı ile ilgili bir bakış açısını ortaya koyarak alandaki bakış açısının farklı bir boyut kazanmasına olanak tanımışlardır (Khaqqi, vd., 2018: 11).

Konunun tarihsel gelişimi açısından önemli bir diğer kişi David Chaum olarak kabul edilmektedir. Chaum tarafından 1982 yılında “Karşılıklı Şüpheli Gruplar Tarafından Kurulan, Sürdürülen ve Güvenilen Bilgisayar Sistemleri” başlıklı tez ile blok zinciri sistemi için tarihsel seyir içerisinde bilinen ilk önerilerden birini ileri sürmüştür. Protokol olarak paylaşılan ve bunun tamamlanması için kodlamanın tamamlanması gereken tez ile birlikte daha sonraki Bitcoin incelemelerinde detaylı bir şekilde açıklanan blok zincirinin karışık ağ yapısı hariç hepsinin önerisi gerçekleşmiştir (Gu ve Hu, 2020: 199).

Meydana gelen bu gelişmeler ile birlikte 2008 yılında Satoshi Nakamoto, bitcoin ile ilgili olarak “Bitcoin: Eşler Arası Elektronik Nakit Sistemi” olarak ifade ettiği makaleyi yayınlamış ve blok zincir teknolojisinin mucidi olarak tarihsel süreçte yerini almıştır. Makalede yer alan temel fikir; üçüncü tarafın bir kaynağa güvenmeden, bir kaynaktan başka bir kaynağa doğrudan çevrimiçi ödeme yapmasına yönelik geliştirilmiş sistem şeklinde ifade edilmektedir. Nakamoto, makalesinde kriptografi kavramına dayalı elektronik bir ödeme sistemini tanımlamıştır (Crosby vd., 2016: 9). Bu sistemin getirdiği en temel durum ise dijital para biriminin çoğaltılamayacağı ve hiç kimsenin bir kereden daha fazla olacak şekilde harcama

yapamayacağı bir sistem geliştirerek çifte harcama sorununa çözüm sağlamış olmasıdır. Makalesinde Nakamoto, madeni paranın daha önce harcanmamış olması ve çifte harcama sorununu önlemek amacı ile bir elektronik para işlem geçmişinin izlenebileceği ve onaylanabilecek olduğu kamu defteri kavramını belirtmiştir (Nakamoto, 2008: 1-8).

Tüm bu gelişmelerin özet hali ile blok zincir teknolojisinin dayandığı fikirlerin tarihsel gelişimi 1980’li yılların sonları ile 1990’lı yılların başlarına dayanmaktadır. Bu hali ile kavramın tarihçesi çok yeni sayılacak bir özelliكتedir. Tarihsel seyir içerisinde gelişen kavramların bir araya gelmesi ile 2008 yılında Nakamoto tarafından yayınlanan makale ile blok zinciri teknolojisi süreç içerisindeki seyrini almıştır. Nakamoto’nun kazandırdığı bu yaklaşım sayesinde bitcoin gelişerek birçok blok zinciri uygulamasının yalnızca bir tanesi olma özelliğini taşımaktadır. Blok zincir teknolojisinin gelişimi sayesinde bitcoin’in dağıtılmış şekilde uygulanması sağlanarak tek bir kullanıcının elektronik parayı kontrol etmesinin önüne geçilerek güven kazanılmasını sağlamıştır. Kullanımın teşviki ile birlikte belirli gelişimsel süreçler de meydana gelmeye başlamıştır. Bu gelişimler Yaga, vd. (2018: 34-39)’nin çalışmasında şu şekilde ifade edilmektedir:

- Yeni blokların yayınlanması ve defterin kopyalarının korunmasını başaran kullanıcılara tanımlanmış bir şekilde yeni kripto para biriminin ödül olarak verilmesini sağlamak,
- Blok zinciri ve konsensüs temelli bir bakımın kullanılması ile blok zincire yalnızca geçerli işlemlerin ve blokların eklenmesini sağlayan ve kendini denetleyen mekanizmanın oluşturulması,
- Blok zincir teknolojisinin sistem kullanıcılarına takma isim kullanma alanını tanıması

Tüm bu gelişmeler, blok zincir teknolojisinin tarihsel gelişimi esnasında meydana gelen gelişmelere verilebilecek olan örnekler olarak ifade edilmektedir.

2.2. BLOK ZİNCİRİNDE KULLANILAN TEKNİK KAVRAMLAR

Blok zincir teknolojisi yaklaşık olarak on yıllık bir süredir genel olarak dünya alanında yaygınlaşan bir kullanım alanına sahip olarak ilerleme göstermeye

başlamıştır. Merkezi olmayan sistemler kripto para birimlerinin temel noktası olarak tanımlanmaktadır. Bu temel noktanın sistematik olarak işlemlerini sağlayan sistem blok zinciri teknolojisi olarak ifade edilmektedir. Blok zincir kavramının detaylı olarak kavranabilmesi amacı ile bu alandaki anahtar-teknik kavramların bilinmesi belirli bir önem gerektirmektedir. Blok zincir genel yapısı gereği, ardışık işlem blokları zincirinden oluşmaktadır (Kakavand, vd., 2017:4). Geleneksel istemci/sunucu sistemleri, istemci/sunucu mimarisini takip eden bir özelliğe sahiptir ve bunlar birden çok yönetici tarafından kontrol edilmektedir. Ancak blok zincir teknolojisi, merkezi olmayan ve eşler arası (P2P) bir ağa sahiptir. Tüm bu özellikleri ile sistematığı gereğince dağıtılmıştır. Ağın her bir katılımcısı ağı kontrol edebilmektedir. Blok zincir teknolojisi birbirine bağlı birden çok bilgisayardan meydana gelmektedir ve blok, tüm ağın mutabıkı olmadan değişmez bir temele dayalı olarak sistemleştirilmiştir (Mülller, vd., 2017: 461).

Blok zincir teknolojisinin sahip olduğu teknik kavramlar bu kısımda detaylı olarak ele alınacaktır.

2.2.1.Eşler Arası Ağ (P2P)

Yaygın kullanımında P2P olarak ifade edilen ve eşler arası ağ olarak tanımlanan kavram, her düğümün birbirinden ayrı birer eş gibi davrandığı dosyaları toplu bir şekilde depolayan ve bunları paylaşan bir grup cihazdan (düğüm) oluşan merkezi olmayan bir ağ iletişim modelidir. P2P uygulamalar, güvenilir bir yetki olmadan eşler arasında görevleri ya da iş yüklerini bölüşen dağıtılmış mimariler tarafından öne çıkartılmaktadır. Eşlerin; dosyaları iletmek, mesajları iletmek, mesajları geri yüklemek gibi belli başlı görevleri bulunmaktadır. Bu görevlerin gerçekleşmesi için belli başlı görevler noktasında kendilerini planlarlar ve iş birliği yaparak süreci yönetirler (Rahmadika, vd., 2020: 711).

P2P uygulamalarına örnek olarak, mobil kullanıcıların tanımlayıcı ağ teknolojileri olarak kullanılan WiFi ve femtocell ile Gecikme Toleranslı Sosyal Ağı (DTSN) kullanımı ile hücrel ağ verilerinin iş birliğine dayalı biçimde teslim edilmesine imkân tanıyan mobil veri sistemleri verilebilmektedir. P2P, yapısı gereği birçok duruma uygun olarak sistemleştirilmiştir. Yapılandırılmış, yapılandırılmamış

ve hibrit eşler arası ağlar olarak kategorize edilmektedirler. Yapılandırılmamış olan eşler arası ağlar düğümler aracılığı ile birbirine rastgele bağlı olacak şekilde oluşturulmaktadır ancak bunlar verim noktasında yapılandırılmış olanlardan daha az bir verimliliğe sahiptirler (Hao, vd., 2020). Yapılandırılmış eşler arası sistemlerde düğümlerin düzenlenmesi ve her düğümün ağda istenilen verileri verimli bir şekilde ayarlayabilmesi özelliği mevcuttur. Hibrit modeller P2P ve istemci-sunucu modellerin bir tür kombinasyonu olarak ifade edilmektedir ve bunlar yapılandırılmış-yapılandırılmamış P2P sistemleri ile karşılaştırıldıkları noktada gelişmiş birer genel performans sunma özelliği göstermektedirler (Rahmadika, vd., 2020: 714).

Günümüzde birçok P2P ağları, birçok kripto para biriminin temeli olma özelliği göstermektedir. Bundan dolayı blok zincir teknolojisi ve bu alanın endüstriyel kısmı için önemli bir bölümü teşkil etmektedir. P2P sistemi çok basit bir ilkeye dayalı olarak işlemektedir ve bu, bir kuruluşun daha çok planlama ve karar verme faaliyetlerinin merkezi, yetkili bir konumdan dağıtıldığı ya da devredildiği süreç olarak ifade edilmektedir. Blok zincirin eşler arası mimarisi, herhangi bir ortam ya da aracıya ya da bir merkezi sunucuya ihtiyaç duymadan tüm işlem birimlerinin dünya genelindeki aktarımının gerçekleşmesine izin verir. Dağıtılmış eşler arası ağ ile blokları doğrulama ve doğrulama sürecine katılmak isteyen herkesin bir zincir düğümü kurabildiği bir sistemi meydana getirir (Vimal ve Srivatsa, 2019: 2). Araştırmacılar çalışmalarında P2P yapısının kullanım açısından belirli avantajlar ve dezavantajlar içermekte olduğunu ifade etmiştir. Buna dair ilk kısımda avantajlar şu şekilde ifade edilir:

- Blok zinciri, merkezi olmayan eşler arası bir ağ sistemine sahip olduğu için genel olarak erişilebilir özelliklere sahip olarak değerlendirilmektedir.
- P2P, ağ oluşturabilme özelliği ile bir eş devre dışı kaldığı noktada, diğer eşlerin mevcut olmasına bağlı olarak ilerler. Bu ise blok zincirinin indirilmesinin önüne geçer.
- P2P ağları, geleneksel istemci-sunucu sistemlerine göre daha fazla güvenliğe sahip bir özelliktir.
- Bu sistemde yer alan ağlar Hizmet Reddi (DoS) saldırılarına karşı hemen hemen bağışıktır.

- Dağıtılmış eşler arası ağlar, konsensüs gereksinimi ile eşleştirildiği noktada, blok zincirine kötü niyetli faaliyetlerin gelmesine karşı kısmi olarak yüksek dereceli bir direnç göstermektedir.

Yukarıda ifade edilen tüm avantajlı yanlarına karşılık, blok zincirinde yer alan P2P ağı belirli birkaç dezavantajın da var olmasına neden olmaktadır. Blok zincirinde olduğu gibi merkezi bir sunucu yerine, dağıtılmış defterler her bir düğümde güncelleme gerektirmektedir. İşlem eklemenin gerçekleşmesi için önemli bir miktarda hesaplama gücü gerekmektedir. Bu durum arttırılmış bir güvenlik düzeyi sağlamış olsa da verimliliğin önemli bir oranda azalmasına neden olmaktadır. Tüm bunların birleştiği nokta ise ölçeklenebilir ve toplu kabul noktasında ana engellerden biri olacak şekilde işlev meydana getirmektedir.

2.2.2. Kriptografi

Kriptografi, kelime anlamı olarak kodların kullanımı aracılığı ile bilgilerin ve iletişimlerin korunmasına dayalı yöntem anlamına gelmektedir. Bilgisayar dünyası için kriptografi kavramı, mesajların deşifre edilmesini zor şekillere dönüştürmek amacı ile matematiksel kavramlar ve algoritmalarından yararlanarak bir dizi kural tabanına dayalı hesaplamaların yönetildiği sistematik şekilde ifade edilmektedir (Diffie ve Hellman, 2010: 645).

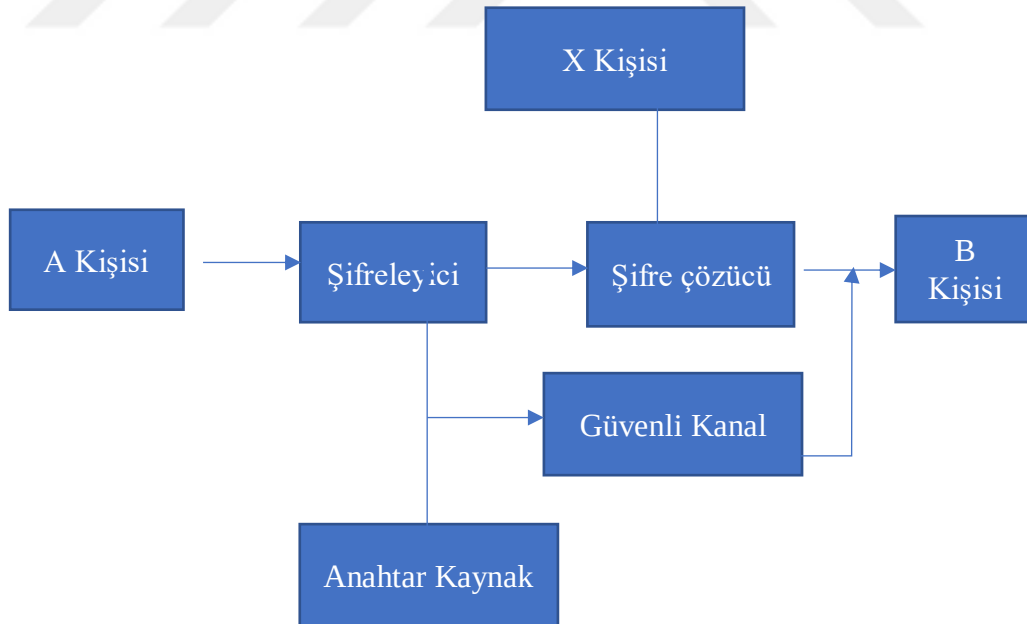
Kriptografi kelimesi Yunancada “kryptos” olarak ifade edilen “gizli” kelimesinden gelmektedir. Bu sistemin tarihsel geçmişi ağırlıklı olarak Mısır’da kullanılan hiyeroglif uygulamasına dayanmakta ve Milattan Önce 2000 yılına kadar uzanmaktadır. Modern şifreleme yöntemi olarak bilinen yaklaşımın ilk örnekleri ise valileri ve memurlarıyla iletişim kurmak için habercilerden yararlanan ancak habercilerine güvenmeyen Roma imparatoru Caesar tarafından uygulanmıştır. Caesar, Roma alfabesinde kullandığı harften üç harf ilerideki harfe atıfta bulunduğu bir şifreleme yöntemi geliştirerek bu yöntemin ilk modern kullanıcısı haline gelmiştir (Akleyek, vd., 2011: 714).

Kriptografi ile ilgili verilebilecek bir başka örnek de İkinci Dünya Savaşı zamanında Nazi Almanyası’nın savaş döneminde güvenli bir şekilde radyo yoluyla iletebildikleri mesajların müttefikler tarafından kolayca elde edilirken, düşman

cepheye karşı mesajların, günlük olarak değişen bir yabancı anahtarla kodlanması veya şifrelenmesi mantığına dayanarak korunmasını sağlayan ve kriptoloji uzmanı olan Alan Turing tarafından tasarlanan Enigma makinesidir. Alman askeri Enigma makinesinin dayandığı bu sistem ise kriptografik bir şifreleme sistemidir (Doğan, 2015: 860).

Stinson (2005: 1), çalışmasında kriptografinin genel amacını “Alice ve Bob olarak ifade edilen iki kişinin, rakip olarak görülen Oscar’ın ne söylendiğini anlamayacağı şekilde bir kanal üzerinden iletişim kurmasını sağlamak” olarak tanımlamış ve örneklendirmiştir. Örnekte ifade edilen bu kanal ise bir telefon hattı ya da internet ağı olma özelliği göstermektedir. Örnek üzerinden bu durum şu şekilde açıklanmaya devam eder “Alice tarafından önceden belirlenmiş olan bir anahtar kullanılarak düz metni şifreleme ve ortaya çıkan şifreli metni kanal üzerinden gönderme işlemi, Oscar’ın kanaldaki şifreli metni dinlemesi ya da görüntülemesi ancak ne olduğu hakkında bilgi sahibi olamaması ile sonuçlanmaktadır.

Şekil 3: Kriptografinin Görselleştirilmesi



Kaynak: (Young ve Yung, 2004: 569).

Şekil 1.'de kriptografinin ne olduğuna dair bir görselleştirme mevcuttur. Bu şekle göre, A kişisi ile B kişi arasında gerçekleşen iletim için şifreleyici, şifre çözücü, anahtar kaynak ve güvenli kanal bulunmaktadır. Bu sayede X kişisi, A ve B kişisi arasındaki iletişimin ne olduğunu öğrenemez ve bir güvenlik alanı oluşturulmuş olur. Bunun için anahtar kaynağın şifreleyici ve güvenli kanal ile olan ilişkisi ve güvenli kanalla olan ilişkisinden şifre çözücü ile olan ilişkisi hesaba katılır. Bu görselleştirme şekli kriptografinin genel bir özeti olarak da ifade edilebilir.

Kriptografi tanımı gereğince şifreleme ve şifre çözme gibi tekniklerin incelenmesine dayalı bir alan olarak ifade edilir. Buna karşılık söz konusu şifreleme bir tür mesaj kodlama işlemi olarak ele alınmaktadır. Kriptografinin kullanımında dijital imza ve güvenlik ile alakalı algoritmalar söz konusuyken, şifrelemenin kullanımında gizli iletişime dair bir kullanım alanı bulunmaktadır. Kriptografi, başka teknikler de olmak üzere şifrelemeyi kapsayan bir özelliğe sahiptir ancak buna karşılık şifrelemede bir algoritma şifreleme kullanılması kriptografinin bir alt kümesi olma özelliği gösterir. Bu kısımda kriptografi alt başlıkları olarak simetrik ve asimetrik şifreleme inceleneceği için şifrelemenin ne olduğu hakkında bilgi sahibi olmak önemlidir. Genel olarak yukarıda kriptografi ile karşılaştırılan özellikleri ile şifreleme, kriptografide gerçekleştirilen genel iletişim sürecinin etkili bir şekilde kodlanmasını sağlayan yöntemlerden biri olarak ele alınmaktadır (Doğan, 2015: 862).

2.2.2.1.Simetrik Şifreleme

Simetrik şifrelemenin söz konusu olduğu noktada algoritmaların şifrelemeler ve şifre çözmeye dair gerçekleştirecek işlemlerde kullanımı adına bir gizli anahtar kullanımı söz konusudur. Bu durumun tekniksel açıdan daha az sorunlu bir yöntem olması, daha çok tercih edilen bir yöntem olmasını sağlamaktadır. (Kamara, vd., 2012: 1).

Simetrik şifrelemede sistem sayesinde hızlı bir şifreleme ve şifrenin çözülmesine yönelik hareketlilik meydana gelebilmektedir. Simetrik şifrelemeler arasında dönemi için herkes tarafından büyük bir öneme sahip olan ve kırılmaz olarak ifade edilen Data Encryption Standard Amerika'da 1977 yılında geliştirilmiştir. Kullanım koşulları serbest olarak tanımlanan algoritma 250.000

Dolara 3-4 günlük bir süre zarfında kırılmıştır. Bu durum ise teknoloji ve simetrik şifreleme yöntemi açısından kritik bir durum olarak değerlendirilmiştir. Bu algoritmanın kırılması, ardından mevcuttan daha gelişmiş özelliklere sahip Triple Data Encryption Standard'ın geliştirilmesini sağlamıştır (Elminaam, vd., 2010: 213).

Simetrik şifreleme yönteminin başarılı olarak kabul edilmesinin temeli, dinamik gizli anahtarın oluşturulabilmesi amacıyla kullanılacak olan rastgele sayı üretici olarak ifade edilen yapının ne ölçüde güçlü olduğuyla alakalıdır. Bu yöntemin temelinde yatan iki algoritma ise blok ve akış olarak ifade edilen algoritmalar (Kamara, vd., 2012: 1-3).

2.2.2.2. Asimetrik Şifreleme

Asimetrik şifreleme, genel anahtar şifrelemesi olarak ifade edilmektedir. Benzer çiftte bir anahtar kullanımına dayalı olan sistemde bu yöntem ile mesajların şifrelenmesi yapılır ve benzer şekilde şifrelemenin çözülmesi gerçekleşir. Bu şifreleme şeklinde özel anahtar, herhangi bir yetki dışı girişin ve kullanımın önüne geçebilmek amacı ile genel bir anahtar ve özel bir anahtar aracılığı ile tutulmaktadır. Bu sayede yalnızca alıcı, kendisi için belirlenmiş olan özel anahtar aracılığı ile şifreyi çözebilmektedir. Bir kişinin şifrelenmiş bir ileti göndermeye çalışması durumunda, alıcının ortak anahtarının alınması için paylaşılmakta olan bir dizin kullanılır, ardından mesajın gönderilmesi gerçekleşene kadar mesajı şifrelemek amacı ile kullanımı sağlanır. Sonraki adımda ise mesajın şifresinin ne olduğu konusunda alıcı, özel anahtarın kullanımını gerçekleştirerek bunu çözme işlemini yapmaktadır (Apte, 2016: 910).

Gönderici tarafından şifrelenen mesajın, kendi özel anahtarı aracılığı ile gerçekleştiği noktada mesajın şifresine dair bilgi ise genel anahtarın kullanımı ile çözülebilmektedir. Bu sayede gönderinin kimliğinin doğrulanması mümkün olmaktadır. Gerçekleşen tüm şifrelemeler ve şifrelerin çözülmesi işlemleri otomatik olarak ilerleyen bir özelliğe sahiptir. Kullanıcıların ayrı bir işlemle mesajlarını kendilerinin kilitlemelerine veya kilitleri açmalarına gerek duyulmamaktadır (Yang, vd., 2017: 38).

Asimetrik şifreleme daha çok dijital bir imzalama ile verilerin gerçekliğine dair kontrolün sağlanması amacı ile kullanılmaktadır. Bir mesaj, yazılım ya da dijital

alandaki bir kayda dair gerçeklik, dijital imza sayesinde doğrulanabilir ve şifrelenebilir özellik kazanmaktadır. Asimetrik kriptografiye dayalı olan dijital imzalar, herhangi bir elektronik kayıt, işlem ya da gönderinin kaynak, kimlik ve durumunun kanıtını içerebilmektedir. Bu yöntemde kullanıcılar, diğerlerinin de kullanabileceği açık anahtarlara ve gizli olan özel anahtarlara sahip oldukları için bu yöntem, Bitcoin ve diğer Kripto para birimleri için de tercih edilen bir özellik konumuna gelmektedir (Apte, 2016: 910).

Asimetrik şifreleme, simetrik şifreleme ile karşılaştırıldığı noktada daha tutarlı bir özelliğe sahiptir ancak daha yavaş bir özelliği vardır. Her iki şifreleme yöntemi de kendi içerisinde güçlü olarak değerlendirilecek özelliklere sahiptir. Var olan durumun ne olduğuna bağlı olacak şekilde, kullanım alanları ayrı ayrı ya da birlikte olabilecek özellikler barındırmaktadır. Her iki şifreleme yönteminin karşılaştırmasını yapmak, daha anlaşılabilir olması adına fayda sağlayacaktır. Iyer, vd. (2016) çalışmalarında her iki yöntemin de karşılaştırmasını yapmışlardır. Buna göre:

- Simetrik şifreleme için tek bir anahtar kullanımı bulunmaktadır. Bu anahtar hem şifreleme hem de şifrenin çözülmesi için kullanılan anahtar olarak ifade edilir. Asimetrik şifreleme içinse şifreleme ve şifre çözmek için kullanılan anahtar birbirinden farklıdır yani asimetrik şifrelemede iki ayrı anahtar mevcuttur.
- Simetrik şifreleme kolay bir işleme dayalı olduğundan şifreleme yöntemi basit şekilde tanımlanabilmektedir. Buna karşılık asimetrik şifreleme daha komplike ve zaman alan bir yöntemdir.
- Simetrik şifrelemenin anahtar uzunluğu güvenlik kriteri ile ilişkili olarak 128-256 bittir. Asimetrik şifrelemenin anahtar uzunluğu daha fazla olarak tanımlanır. Genel olarak tavsiye edilen RSA anahtar boyutu 2048 bit ve daha yukarısı olarak ifade edilir.
- Simetrik şifreleme alanda gizli anahtar şifrelemesi ya da özel anahtar şifrelemesi olarak da ifade edilmektedir. Asimetrik şifreleme ise geleneksel şifreleme sistemi ya da açık anahtar şifrelemesi olarak ifade edilmektedir.
- Simetrik şifrelemede kaynak kullanımı azdır. Asimetrik şifreleme ise simetrik şifrelemeye oranla daha fazla kaynak kullanımına sahiptir.

- Simetrik şifrelemenin kullanımı daha çok büyük miktarda verilerin gerekli olduğu durumlarda ortaya çıkmaktadır. Asimetrik şifreleme ise veri aktarımı gerçekleşmeden öncesinde kimlik doğrulamasının yapılması ve kararlı bir iletişim kanalının meydana gelebilmesi adına daha küçük miktarda işlemleri gerçekleştirmek üzere kullanılmaktadır.
- Simetrik şifrelemede gizli anahtarın paylaşılması söz konusudur. Bunun sonucunda ise uzlaşma olasılığında bir artış yaşanır. Asimetrik şifrelemede ise özel anahtarın paylaşılması söz konusu değildir. Bu sebeple genel işleyiş simetrik şifrelemeye göre daha güvenli bir yapıya sahiptir.
- Simetrik şifrelemeye dayalı işlemler söz konusu olduğunda şifrelenmiş verilerin ağ aracılığı ile iletilmesi gerçekleşebilir. Dosyalarla beraber herhangi bir anahtar gönderimi söz konusu olmadığı için verilerin şifresinin bir diğer kişi tarafından çözülme olasılığı sıfır olarak değerlendirilmektedir. Ancak asimetrik şifreleme için bu durumun olasılığı sıfır olarak görülmemektedir.

Asimetrik şifreleme yöntemi, simetrik şifreleme yöntemine göre daha gelişmiş özelliklere sahip olmasına karşılık iki yöntemin de bugün kullanım alanları bulunmakta ve genel olarak her iki yöntemin de bir arada kullanıldığı süreçler var olmaktadır.

2.2.3. Düğüm (Node)

Blok zinciri ağında bir düğüm, bir blok zinciri ağına bağlanmakta olan bilgisayarı ifade etmek üzere kullanılan bir kavramdır. Düğüm ya da bilgisayar ağına desteklenmesini sağlamaya yardımcı olmaktadır. Bu destekleme, doğrulama ile geçiş işlemleri sayesinde meydana gelmektedir (Ayberkin, vd., 2017: 78). Aynı zamanda bu noktada blok zincirinin bir kopyasının da alınması söz konusu olur. Kavramın ne olduğunu ifade etmek amacı ile literatürde yer alan bir örnek kullanılacak olursa, Bitcoin ağına bağlanmakta olan herhangi bir bilgisayar bir düğüm olarak ifade edilmektedir. Bu noktada ise farklı düğüm kategorilerinin varlığından söz edilmektedir. Bunlar tam düğümler ve hafif düğümler olarak ayrılır. Tam düğümler söz konusu olduğunda kuralların tamamının uygulanması söz konusu olur. Hafif

düğümler söz konusu olduğunda belirli bir kullanım kolaylığı bulunmaktadır (Oğuzhan ve Kiani, 2018: 372).

Belirli ağlar için her düğüme bir giriş bulunurken bazı ağlar için bu sayı iki veya daha fazla olabilmektedir. Bu sistemdeki temel kriter, ağların en az bir girdi alması ve çıktının serbest bırakılmasına dayalı olmasıdır. Bitcoin ve başka kripto para birimleri söz konusu olduğunda düğümlerin var olduğu yer bilgisayarlardır. Bilgisayarlarda işlemlerin ayrıntıları alınır, kaydedilir ve veriler ile işlemlerin doğrulaması gerçekleştirilir (Ayberkin, vd., 2017: 78:).

İnternet ile bağlantısı olan ve bir IP adresine sahip olduğu noktada bilgisayarlar, telefonlar veya aktif herhangi bir cihaz düğüm olabilme özelliğine sahiptir. Blok zincir teknolojisinin en temel çalışma şekli, düğümün var olması ile alakalıdır. İşleyiş içerisinde blok kopyasının muhafazasını gerçekleştirmek ve belirli durumlarda işlemlerin işlenmesini sağlayarak ağın desteklenmesini yerine getirmek düğümün görevleri arasında yer almaktadır (Türkmen ve Durbilmez, 2019: 36).

2.2.4. Blok

Blok zincir ağındaki ilişik verilerin kalıcı olarak kaydedildiği dosyalara blok adı verilmektedir. Bir blok, öncesinde herhangi bir blok girdisi gerçekleşmemiş olan işlemlerin belirli bir kısmını ya da hepsini kaydedebilme özelliğine sahiptir. Bundan dolayı, bir blok defterin ya da kayıt defterinin bir sayfası olacak şekilde örneklendirilmektedir. İşleyiş içerisinde her bir bloğun tamamlanması, blok zincir sistemi içerisinde bir sonraki blok varlığına neden olmaktadır. Bundan dolayı bir bloğun bir defa yazılmış olması demek, bunun bir daha değişiminin ya da kaldırılmasının mümkün olmadığı kalıcı bir depoya dönüşmesi demektir (Tanrıverdi, vd., 2019: 205).

Blokların temsil ettikleri zaman “şimdi” olarak ifade edilmektedir. Ancak aynı zamanda geçmiş zaman ve gelecek hakkında da bilgilerin temsilini içeren özelliğe sahiptir. Şimdide bulunan ve tamamlanması gerçekleşen her bir blok, geçmiş zamanın bir blok sistemi haline gelir. Bu sayede tüm bir blok sistemi döngü halinde işlem gerçekleştirmeye devam eder ve verilerin kalıcı olarak saklanma işlemi gerçekleştirilmiş olur (Yıldırım, 2015: 16).

2.2.5. Özetleme (Hashing)

Kriptografik işlemler, blok zincir işlemlerinin oldukça yararlı işlemlerini ortaya koymak adına kritik bir noktada değerlendirilmektedirler. Blok zincirler işleyişi gereği bütünlük, tutarlılık ve gelişmiş düzeyde bir güvenlik alanına sahip olmak amacı ile kriptografik karma işlemlerden büyük bir oranda yararlanmaktadır. İyi tasarıya sahip olan bir karma işlevi gizleme özelliğini destekleyen, bulmaca kolaylığı noktasında işlevselliğe sahip olan bir dinamiğe sahiptir. Sağlanan bu güvenlik temelinin kritik bir parçası olarak da özetleme (Hashing) işleminden söz edilmektedir. Özetleme; bir girdinin matematiksel bir algoritmaya bağlı olarak şifrelenmiş bir çıktıya dönüşmesi olarak ifade edilir (Pierro, 2017: 93).

Bu işlem sayesinde verilerin güvenliğinin büyük bir kısmında artış meydana gelir. Ancak bunun gerçekleşmesi için belirli kriterlerin var olması gerekmektedir. Bunlar:

- Aynı girdinin sürekli aynı özetleme değerini üretmesi,
- Farklı bir girdi var olduğunda aynı özetleme değerini vermemesi
- Özetleme değerlerinden girdiye erişimin gerçekleşmemesi
- Girdide var olan herhangi bir değişimin, özetleme değerinin bütününe değiştirmesi sahip olunması gereken özellikler olarak ifade edilir.

Bu yöntem dijital imza şemalarında, kimliklerin doğrulanması için gerekli olan kodlarda, parolaların işlem özet fonksiyonlarında ve içerik adresli depolamalarda dahil olacak şekilde birçok uygulamada kullanılmakta olan temel bir yöntem olarak ifade edilir (Bui, vd., 2020: 64).

Özetleme, bir blokta yer alan verilerin matematiksel fonksiyon ile işlenmesine bağlı olarak meydana geldiği için, sabit uzunluktaki bir çıktının var olması anlamına gelir. Sabit uzunluğu olan bir çıktının kullanılıyor olması önemlidir. Bunun nedeni ise sabit uzunlukta bir çıktı kullanıyor olmanın güvenlik arttırıcı bir özellik içermesidir. Çünkü hash şifresini çözmeyi amaçlayan herhangi bir kimse bir çıktıya bakarak bu çıktının ne kadar uzun ya da kısa olduğuna dair bir fikre sahip olamaz. Karmanın çözülmesi, blok başlığında yer alan verilerin çözülmesi ile başlar ve karmaşık bir matematiksel işlemi çözmekle benzer olarak değerlendirilir. Her bir

blok başlığı, sürüm numarası, zaman damgası, önceki blokta var olan hash ve Merkle kökünün hash'ı ve hedef hash'ı içerir (Bierer, 2016: 82).

2.2.6. Merkle Ağaçları

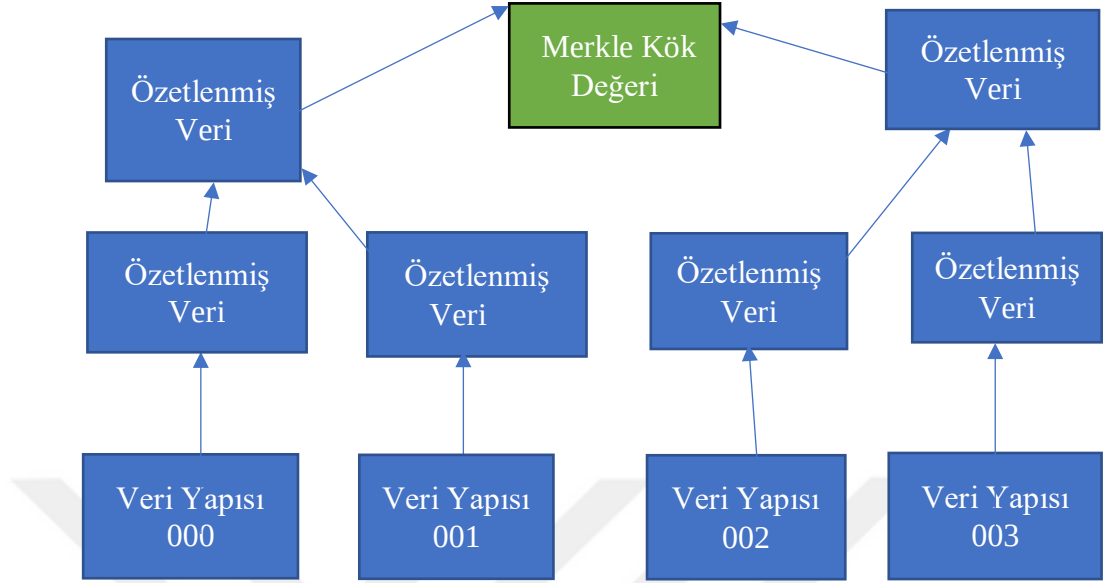
Merkle ağacı blok zincir teknolojisinin temel parçalarından biri olarak kabul edilmektedir. Farklı veri bloklarının karmalarından oluşan ve her bloktaki işlemlere dair özet sunmakta olan, matematiksel sisteme dayalı bir veri yapısı olarak ifade edilir. Benzer bir şekilde büyük veri gövdesinde yer alan içeriklerin verimli ve güvenli bir biçimde doğrulanması şeklinde de tanımlanmaktadır. Merkle ağacının bir diğer özelliği ise verilerin tutarlı ve içeriksel doğrulamayı sağlamak amaçlı kullanımıdır. Merkle Ağacı aynı zamanda Hash Ağacı olarak da ifade edilmektedir (Dattani ve Sheth, 2019: 2).

Kavram adını 1979 yılında fikrin patentini alan Ralph Merkle'den almaktadır. Her yaprak düğümünün bir veri bloğunun özetlenmesi ile etkilenmiş olduğunu ve yaprak olmayan düğümün alt düğümlerinin etkilerinin kriptografik özeti ile etkilendiği ifade eden veri yapısı ağacı olarak tanımlanır. Merkle ağacı, tüm işlem setinin dijital bir parmak izi üretimiyle bir blokta saklanması kuralına göre çalışır. Bu sayede kullanıcının herhangi bir işlemin bir bloğa dahil edileceği ya da edilmeyeceği noktasında doğrulamanın gerçekleşmesini sağlamış olur (Lin ve Liao, 2017: 655).

Merkle ağacının sahip olduğu işleyiş biçiminde tek bir karmının kaldığı noktaya kadar düğüm çiftlerinin tekrar tekrar hesaplanması ile ilerlemesine dayalı bir yöntem esastır. Buna ise Merkle Kökü ya da Kök Karması ismi verilmektedir. Her bir yaprak düğüm, işlem verilerinin özeti olarak ifade edilir ve yaprak olmayan düğüm, daha önceki karmalarının özeti şeklindedir. Ağaç, ikili yapıya sahip bir ağaç olduğu için çift sayılı bir yaprak düğümü sistemi vardır. Tek sayılı bir işlem söz konusu olduğunda çift sayılı bir yaprak düğümü elde edebilmek amacı ile son karmada bir kez çoğaltma gerçekleştirilir (Güçlü, 2019: 9).

Altan yukarıya doğru olacak şekilde ikili özetleme değerleri elde edilerek ilerlenir ve tüm ağaç yapısını temsil edecek tek bir özetleme değerine sahip olunur. Bu ise Merkle kök değeri olarak ifade edilir. Şekil 4.'te Merkle Ağaçlarının görselleştirilmiş hali yer almaktadır.

Şekil 4: Merkle Ağaçları İşleyişi



Kaynak: (Güçlü, 2019: 9)

Şekil 4.'te veri yapısı 000 ile başlamakta ve 003'e kadar ilerlemektedir. Özetleme alttan yukarı olacak şekilde meydana gelir ve veri yapısı özetlenmiş verilere doğru alttan yukarı doğru ilerler. Bu şekilde süreç en sondan Merkle Kök Değerine kadar devam eder.

2.2.7. Mutabakat Mekanizması

Mutabakat mekanizması, kripto para birimleri gibi dağıtılmış süreçler veya çok aracılı sistemler arasında tek bir veri değeri ya da ağın tek bir durumu üzerinde gerekli anlaşmayı sağlamak için bilgisayar ve blok zinciri sistemlerinde kullanılan hataya dayanıklı bir mekanizmadır. Diğer şeylerin yanı sıra kayıt tutma sisteminde, kayıt tutmada faydalı olan bir sisteme dayanmaktadır. Verilen kurallar ile blok zincir ağındaki verilerin bir kopyasının ağda yer alan tüm makinelerde yer almasına, veri tabanında hangi değişikliklerin yapılmasına izin verileceğine ve bu değişimlerin kimler tarafından yapılabileceğine karar verilebilmektedir (Güçlü, 2019: 11).

2.2.7.1. İş Kanıtı (Proof of Work (PoW))

İstenmeyen e-postaları göndermek ya da hizmetin reddine dair saldırıları başlatmak şeklindeki bilgi işlem gücünün anlamsız ya iyi niyetli olmayan kullanımlarının önüne geçmek için uygulanabilir bir miktarda çabanın gerekli olduğu sistemi tanımlamak amacı ile kullanılır. Tarihsel açıdan ifade edilecek olunursa 1992 yılında Dwork ve Naour, planlarında gizli bir anahtarı elinde tutacak olan merkezi bir otorite önerisinde bulundular. Ancak merkezi olmayan sistemler bugünün internet sisteminde daha pratik ve tercih edilebilir bir noktadadır (Laurie ve Clayton, 2004). Geliştirilen sistemde ifade edilen bir kavram olarak Back tarafından bağımsız şekilde icat edilen “hashcash” kavramıdır. Hashcash şeması üçüncü kişi saldırılarına karşı bağışıklık kazanmak amacı ile kullanılmaktadır. Bu sayede normal bir kullanıcı, diğerinin yararı için değerleri hesaplamak amacı ile kullanılabilir. Bu sistem e-postalar ile sınırlandırılmış değildir. Aynı zamanda web sitelerine yapılan ziyaretleri ölçümlemek, eşler arası sistemlerde teşvikler sağlamak, dağıtılmış hizmet reddi (DdoS) saldırılarını azaltmak amacıyla da kullanılabilir özelliklere sahiptir (Bentov, vd., 2014: 35).

Sistem, bir blok yapısının hazırlanarak ilgili olan blok zincir ağına eklenmesi yönteminin çözülmesi zor olan ancak çözülmenin doğrulanmasının basit kontrol edildiği bir problem üzerinden ilerlemektedir. Bu alanda en fazla kullanılmakta olan problem şekli, bir önceki paragraflarda da ifade edilen hazırlanmış bloğa ait özetleme (hash) değerinin belirli bir yapıya uyması şeklindedir (Güçlü, 2019: 11).

2.2.7.2. Hisse Kanıtı (Proof of Stake (PoS))

Hisse Kanıtı, iş kanıtının yaratmış olduğu enerji harcama problemini çözmeyi amaçlamaktadır. Bunu yapmak için blok zincirine eklenecek paydaşları rastgele olacak şekilde seçerek PoW’un rekabetinin yerini almaktadır. Follow-the-satoshi (fts) algoritması olarak da bilinen PoS’un en basit uygulaması, her bir blok zinciri dalının, yerel madeni paraların evreninden tekdüze ve rast gele seçilmesini içeren bir sisteme dayalı olmasıdır. Seçilmiş olan madalyonun sahibi, madalyonunu seçen şubeye ekleme ve aynı anda bir blok ödülü toplama fırsatı edinmiş olur. Bu protokol ise enerji harcamasını ihmal edilebilir bir seviyeye indirmeyi başarmaktadır. Ancak

bunu yaparken PoS uygulaması için sorun, “tehlikede olmayan sorun” olarak bilinen bir itiraz ile karşı karşıya olmasıdır (Eyal ve Sirer, 2014: 447).

King ve Nadal, 2012 yılında Peercoin blok zincirinde PoW ile hibrit bir şemada uygulanan ilk PoS önerisini ortaya koymuşlardır. PoS daha sonrasında Nxt blok zincirinde tek başına bir protokol olarak dağılmıştır. O zamandan beri PoS, birkaç durumda tek başına bir protokol olarak yeniden dağıtılma işlemini gerçekleştirmektedir. PoS’un çalışma prensiplerinden biri blok zincir dünyasındaki kripto para değerlerinin yükseltilemiyor olmasıdır. Bu protokolde bir sonraki bloğu üretecek makinenin sistem içerisindeki payına bakılır ve paylardan en yüksek değere sahip olan tercih edilir. Eğer tercih edilen makine yeterli bir sürede blok üretimini meydana getirmezse üretim bir sonraki makineye geçer (Kiayias, vd., 2017: 2-5). Buradaki paya sahip olan makinenin daimî olarak ilk üretimi gerçekleştiriyor olma önceliğine sahip olmasını düzenlemek amacı ile yaş kavramı geliştirilmiştir. Blok üretim amacı ile kullanılmakta olan pay dahilindeki kripto paraların yaş değerleri sıfırlanmaktadır. Paralar ancak belirli bir süre sonra yaş almaya başlamaktadır (Mora, vd., 2018: 932).

Araştırmalara göre 2015 yılından bu yana 50’den fazla blok zincir projesi duyurulmuş ve dağıtılan PoS blok zincirlerinin kümülatif olarak şu anda dağıtılan PoW blok zincirlerinden daha fazla kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu kullanım ise büyük oranda bahis piyasaları ve merkezi olmayan borsalar gibi finansla ilgili merkezi olmayan uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Ek olarak piyasaya sürülmekte olan PoS blok zincirleri her türlü varlığın belirtilmesini ve ihracı gibi daha ileri uygulamalar için potansiyel sunmakta, standart bir şekilde daha hızlı, güvenli ve uzlaşma süreçlerine uygun bir yapıya sahip olmaktadır (Saleh, 2021: 1165).

2.3. BLOK ZİNCİRİNİN ÖZELLİKLERİ

Blok zincirin ortaya çıkmasından çok daha öncesinde dijital nakit, büyük kriptografik ilerlemelere rağmen merkezileşme, anonimlik ve çift harcama önleme arasındaki uyumsuzluğun sağlanmamasına rağmen, güvenilen merkezi bir sunucuya sahip bir ortamda kavramsallaştırılmıştır. Zamanla var olan bu yeni para biçiminin

uygulanabilir olup olmadığı noktasında araştırmacılar soru işaretlerini gidermeye çalışmışlardır. Otuz yıllık bir sürenin ardından blok zincir ve bitcoin küresel pazarda ün kazanan bir yapıya sahip olmuştur. Blok zincir teknolojisine dair iyileştirme-deneyleri verilen ödeme sisteminin merkezi olmayan doğasının var olduğunu, bu sayede küresel ödemelerin ötesinde kurumsal yönetim sermaye piyasaları, sosyal kuramları ve işleyişin yeni bir döneminin varlığını ortaya koymuştur (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018: 54).

Blok zincir teknolojisi, her bir aracıya özel bir anahtar ve diğer tüm araçlarla paylaşılan bir ortak anahtar atandığı, ortak anahtar şifrelemesi yardımı ile çift harcama sorununun ortadan kaldırılmasını sağlamıştır. Madeni paraların ya da dijital jetonların gelecekteki sahibi, ortak anahtarını orijinal sahibine gönderdiğinde bir işlem başlatılmaktadır. Madeni paralar bir karmanın dijital imzası ile aktarılmaktadırlar (Avunduk ve Aşan, 2018: 374). Ortak anahtarlar, blok zincirinde depolanan kriptografik olarak oluşturulmuş adreslerdir ve her madeni para bir adresle ilişkilendirilmiştir. Kripto ekonomisindeki bir işlem yalnızca bir adresten diğerine gerçekleştirilen madeni para ticaretini oluşturmaktadır. Blok zincir teknolojisinin çarpıcı bir özelliği, ortak anahtarların hiçbir zaman gerçek dünya kimliğine bağlı olmaması şeklinde ifade edilmektedir (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018: 58).

Blok zincir teknolojisinde işlemler, izlenebilir olmasına rağmen kişinin kimliğine bağlı değildir. Bu nakit işlemler hariç, tüzel kişiliğe sahip belirli ekonomik araçlarla ilgili olan para birimlerindeki işlemlerle büyük bir farka sahiptir. Şekil 3.'te blok zincir teknolojisini gelişimini ve ana dönüm noktalarını belirleyen durumlar ifade edilmiştir. 1974 yılı ile önemli gelişmelerin başladığı süreç, PoW uygulaması ile gelişmeye devam etmiştir. Ardından "akıllı" sözleşme, dağıtılmış elektronik nakit sistemine dayalı b-paranın bulunduğu gelişmeler görülmüştür. 2008 yılında "bitcoin" makalesi, sürecin en kritik yanlarından birini oluşturmuştur. Son olarak büyük finansal ve finansal olmayan şirketler tarafından kamuya açık olarak onaylanan izin verilen blok zincirlerin var olduğu bir dönemle devam etmiştir. Bu süre içerisinde blok zincir özelliklerini belirleyen pek çok önemli değişim ve gelişme meydana gelmiştir (Ünal ve Ulusoy, 2020: 170). Meydana gelen değişimler ve gelişmeler sayesinde blok zincir teknolojisi belirli özelliklere sahip olmuştur. Araştırmanın bu

kısımında blok zincirin özelliklerinin neler oldukları alt başlıklar halinde incelenecektir.

Şekil 5: Blok Zincir Teknolojisini Etkileyen Tarihsel Gelişmeler



Kaynak: (Pilkington, 2016: 227).

2.3.1. Merkeziyetsizlik

Bu özellik, herhangi bir kişi ya da himayeye dayalı bir durum söz konusu olmadan aynı zamanda bankaların sağlamış olduğu mali aracılık ihtiyacına gerek duymadan tarafların kendi aralarında işlem yapabildikleri sistemi ifade etmektedir.

Mali aracı olacak sistemlerin kaldırılması ile uluslararası az işlem maliyeti ile çalışma fırsatı kripto paraların mali alana getirmiş olduğu en temel katkılardan biri olarak değerlendirilmektedir. Ancak zaman zaman araştırmacılar tarafından merkeziyetsizlik kavramı tartışılan bir konu haline gelmiştir. Bunun nedeni ise bazı kripto paraların belirli topluluklar tarafından üretilmesi ve yönetilmesi gibi durumların var olmasıdır. Bu şekli ile bazı kripto paraların merkeziyetsizlik özelliğini taşımadığını ifade etmek mümkündür (Arıkan, 2020: 47).

Blok zincirde merkeziyetsizlik kavramı kısaca merkezi bir varlık olarak tanımlanan otoritelerden kontrol ya da karar almanın dağıtılmış bir ağa aktarılmasını ifade eder. Merkezi olmayan ağlar, katılımcıların birbirlerine güvenmeleri gereken güven düzeylerini düşürmeye ve ağın işlevselliğini azaltacak şekilde birbirleri üzerinde otorite veya kontrol uygulama yeteneklerini caydırmaya çalışmaktadır (Frizzo, 2020: 1021). Bu kavramın temeli siyasi bir geçmişi de temsil etmesinden dolayı oldukça eski bir tarihe sahiptir. Ancak konunun araştırmanın amacını ilgilendiren kısmında teknoloji çözümü oluşturulması gereken noktada tipik bir şekilde üç ana ağ yapısına dikkat çekilir ve bu noktada merkeziyetsizlik, dağıtılmış ve merkezileştirilmiş ağlar devreye girmektedir (Bullón Pérez, vd., 2019: 234).

Merkeziyetsizlik sistemi söz konusu olduğunda merkezi sistemde var olan yukarıdan aşağıya doğru ilerleyen hiyerarşik düzen yerini yatay bir ilişkiye ve karar verme mekanizmasına bırakmaktadır. Bunun anlamı para dünyasında şunu ifade etmektedir: Bir kişinin herhangi bir işlemi meydana getirmek amacı ile parasının var olduğunu kanıtlamasına gerek duyulmaz, kişinin gerekli sayıdaki diğer kişilere parasının olduğuna dair bir iknada bulunması yeterli olarak kabul edilmektedir. Literatürde araştırmacıların bu kavramı üç ayrı alt başlığa ayırdığı görülmektedir (Bullón Pérez, vd., 2019: 237).

Bunlar:

1. Mimari merkeziyetsizlik; sistemde yer alan bilgisayarların sayıları ve sistemde devre dışı olan düğümlerden kaçınılabilirliğiyle ilgilidir.
2. Yönetimsel merkeziyetsizlik; sistemde yer alan bilgisayarları yönetmekte olan kişilerin ve kurumların sayısını belirtir.

3. Mantıksal merkeziyetsizlik; sistemin iki ve daha fazla bir parçaya bölünmesi halinde sistemin bu duruma vereceği tepkinin ve sistemin tek bir bilgisayar gibi davranıp davranamayacağının kapsamını belirler.

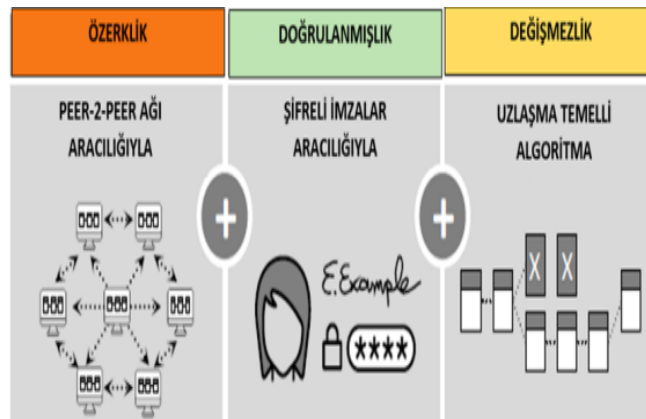
Söz konusu blok zincirler, genel olarak yönetsel merkeziyetsizlik alanına dahil olan bir noktadadırlar. Bunun en temel özelliği ise bu sistemde kişilerin ya da kurumların yönetsel olarak herhangi bir söze sahip olmaması ilkesi yer almaktadır (Güleç ve Aktaş, 2019: 924).

2.3.2. Değişmezlik

Blok zincir teknolojisinin sıkça ilişkilendirildiği özelliklerin başında değişmezlik yer almaktadır. Teknik yapısı gereği, blok zincir değişmez bir veri tabanı olarak var olmaktadır. Bu yüzden blok zincirde yer alan verilerin değiştirilmesi söz konusu değildir. Karma değer, bir bloğu tanımlamakta olan eşsiz bir değer olarak ifade edilir. Bu değer bloğun içeriğine bağlı olacak şekilde sistemleştirilmiştir. Her blok kendi karma değerine sahip olduğu ve yalnızca sahip olduğu bloğu tanımlama özelliği ile işlendiği için her blok bir değeri işaret etmektedir. Tüm bu özelliklere sahip olması ile blok zincir, değişmezlik ilkesine bağlı olarak hareket eder (Bakan ve Şekkeli, 2019: 2852).

Kriptografik karmalara neden olması, blok zincirin değişmezliğinin temelini oluşturmaktadır. Hash (özetleme), tersine bir mühendislik yaklaşımını mümkün kılmadığı için değişmez ve bu sayede günümüzdeki popülerliğine sahip olur.

Şekil 6: Blok Zincir Unsurları



Kaynak: (Bakan ve Şekkeli, 2019: 2853).

Şekil 6.'da blok zincirinin unsurlarını meydana getiren sistem ifade edilmektedir. Değişmezliğin temeli var olan yazılımın uzlaşma tabanlı bir algoritmaya bağlı olmasıyla ilgilidir. Yapılan her bir işlem, birlikte yeni bir bloğu oluşturacak şekilde gruplanan özelliktedir. Ağda yer alan üyelerin ilgili blokta yer alan işlemleri doğrulayabilmesi mümkündür. Blok zincir teknolojisinde tek yönlü kriptografik karma işlevler ve topluluk konsensüsüne bağlı olarak var olan kayıtların geri döndürülmesinin mümkün olmadığı, kurcalamalara dayanıklı bir işlem olması güvenlik anlamında büyük bir alana sahip olmasını sağlar. Bu alan aynı zamanda değişmezlik özelliği ile birlikte gerçeklerin, tarihsel ve benzersiz bir mutabakat versiyonunu sağlayan uzlaşma ihtiyacının ortadan kalkmasını sağlamaktadır (Şen, 2019: 6).

2.3.3. Anonimlik

Kullanıcıların reel kimliklerini açıklamalarına ihtiyaç duymadan sisteme giriş yapabildikleri ve gerekli işlemleri yapabildikleri anlamına gelen anonimlik özelliği, blok zincir ve kripto para birim sisteminin temelini oluşturan özelliklerden biri olarak ele alınır. Bu özellik aynı zamanda sistem içerisinde var olan kayıtlara dayalı olarak işlemi gerçekleştiren kişilerin reel kimliklerine erişebilmeyi de içeren bir yapıya sahiptir (Ceylan, 2019: 13).

Anonimlik, para birimi dağıtımının başarısı için anahtar olan özelliklerden biri olarak değerlendirilmektedir. Bitcoin ağında yer alan anonimlik, kullanıcıların bitcoin işlemlerinde kullanılacak olan herhangi bir sayıda anonim bitcoin adresi oluşturmalarına dayanmaktadır. Bu temel ve basit yaklaşım iyi bir başlangıç noktası olarak değerlendirilmektedir. Ancak, anonim olmayan internet altyapısı altında yatan, blok zincirindeki tüm bitcoin işlemlerinin kullanılabilirliği ile birlikte anonimlik tehdidi olduğu kanıtlanmıştır. Blok zincir, sistem tarafından gerçekleştirilen tüm işlemleri içerdiğinden, basit bir analiz, paranın hangi bitcoin adreslerinden geldiği ve hangi bitcoin adreslerine gittiği hakkında bilgi sağlar. Bununla birlikte, bitcoin sistemindeki kullanıcılar herhangi bir sayıda adres oluşturabildiğinden, asıl amaç blok zincirindeki aynı kullanıcıya ait tüm adresleri kümelemektir (Joancomarti, 2014: 12).

2.3.4. Şeffaflık ve İzlenebilirlik

İzlenebilirlik kavramının tarihsel olarak gelişimi 1900’lü yıllara kadar uzanmaktadır. Avrupa ülkelerinin bir kısmında Fransız şampanyası gibi üst düzey kaliteye sahip ürünlerin kökenlerini ispat etmek amacıyla izlenebilirlik kavramı gerekli hale gelmiştir. Herhangi bir ürünün hammadde kısmından genel ürün aşamasına varana kadarki tedarik sürecinin izlemi genellikle zorunlu bir hale gelmiş durumdadır. İzlenebilirlik, tüm sürecin tedarik kısmı ve aktörlerin katılımını da gerektiren bir konu olması nedeniyle karmaşık yapıları bir durum olarak değerlendirilmektedir. Ancak gerek kamusal alan gerekse de özel sektörde yer alan şeffaflık talebi sonucunda izlenebilirlik karmaşık ve zorlayıcı olmasına karşılık sıkça tercih edilen bir özellik haline gelmiş noktadadır (Fu, vd., 2018: 1107). Genel yapısı itibari ile belirli avantajlar sağlayan bu kavramın Tablo 4.’te ne tür avantajlara sahip olduğu ele alınmaktadır.

Tablo 4: İzlenebilirlik Kavramının Avantajları

Değerler ve Etkiler	Paydaş Baskısı	Yasal Düzenleme	Küresel Uyum
-Riskin azaltılması -Operasyonel olarak ifade edilen etkinlik ve süreçteki tutarlılık -Tedarikçi ile olan ilişkiler -İtibar katkısı	-Ürünle ilgili var olandan fazla bilgi isteyen ortakların ihtiyaçlarının giderilmesi -Sürdürülebilirlik alanındaki var olan taleplerin karşılanması	-Yasal ve hukuki alanda istenilen gerekliliklerin sağlanması	-Beklenti, süreç, içerik ve sistemlerde standardize bir tutum -Güvenlik sağlama

Kaynak: (Koç, 2020: 420-424).

Blok zincir tabanlı izlenebilirlik özelliği, tedarik zinciri ortakları arasında kesintisiz bilgi paylaşılmasını sağlamak için olası çözümlerden biri olarak görülmektedir. Bu özellik, tedarik zinciri boyunca önemli ve hassas olarak ifade edilen verilen korunmasını sağlarken, ürün dönüşümünün her aşamasıyla ilgili tüm bilgilerin izlenilebilir ve kaydedilebilir olmasını sağlamaktadır. Bu yöntem, dünya çapında yer alan tedarik zincirlerinin ürün sürdürülebilirliği güvencesi şeklindeki büyük müşteri talepleri ile karşı karşıya kaldığı noktada en uygun şekilde tanıtılan bir özelliğe sahiptir (Kshetri, 2018: 83). Çünkü, müşteriler satın almış oldukları ürünlerin orijinal olup olmadıklarını, tüm standartlara uygun olup olmadıklarını, yasal olarak tedarik edilip edilmediklerini ve kalite güvencesi olup olmadığını bilmek istemektedir. Blok zincir tabanlı izlenebilirlik, sahte işlemleri tanımlama ve ürün menşeyini izleme ile tedarik zinciri faaliyetlerini aynı anda evrak işlemleriyle kolaylaştırabilme potansiyeline sahiptir. Birbirine bağlı karma işleviyle blok zincir teknolojisi, ürün izni inceleme ve izleme noktasında izlenebilirlik yaklaşımıyla fayda sağlamaktadır (Kumar, vd., 2016: 440).

Blok zincirinde şeffaflık özelliği, her bir bloğun gerçekleşen her türlü işlemi görebilmesiyle gerçekleşir. Bu durum, üçüncü bir kişiyle yönetilen merkezi sistemden daha güvenilir ve şeffaf olarak değerlendirilmektedir. Gerçekleştirilen işlemlerin bütünü ile kimliği tanımlanmayan kişiler tarafından yapılan nakit işlemlerin tersine, blok zincir işlemleri sürekli olarak bir hesapla ilişki içerisinde. Kullanıcılar kendi kimliklerinin belirlenmesi adına takma isimlere sahiptirler ve işlemler bu takma isimler üzerinden gerçekleştirilmektedir. Şeffaflık, izlenebilirlik ile paralel olarak şekillenen bir biçimde ele alınmaktadır (Yıldırım, 2019: 95).

2.3.5. Hesap Verebilirlik

Küresel eğilimlerle ilgili ele alınan çalışmalara göre, kurumsal hesap verebilirlik alanında büyük bir azalma meydana gelmektedir. 2017 yılında yayınlanan rapora göre, birçok ülke yolsuzluğa son verme noktasında çok az ilerleme kaydetmiş ya da hiç ilerleme kaydetmemiş bir noktadadır. Bu sonuçlar ile birlikte hem kamu hem de özel kurumlara karşı olan küresel güven hızında ise hızlı bir düşme meydana gelmiştir. Etik suistimaller ele alınmadıkça, hesap verilebilirlik

alanında sürekli olarak bir kısır döngü süreci yaşanmaktadır. Blok zincir teknolojisi şeffaflık ve izlenebilirlik alanındaki sahip olduğu özellikler sayesinde hesap verebilirlik alanında kişilere karşı güven arz eden bir konumda değerlendirilmektedir (Crosby, vd., 2016: 13).

Şeffaflık özelliğine sahip olmasından kaynaklı, bilgisayarı bulunan hemen herkes bir blok zincir kaydını görüntüleyebilme potansiyeline sahip olmaktadır. Bu ise işlemlerin gizlenebilir olmasını hemen hemen imkânsız bir noktaya getirmektedir. Bu sayede blok zincir teknolojisi görece “dürüst” bir yaklaşıma sahip olacak şekilde konumlanmaktadır. Genel anahtar şifrelemesine sahip olması ile kişiler, blok zincirde kimlerle iş yaptıklarını bilebilmektedirler (Kırbaş, 2019: 89). Özel anahtarın gizli tutulması halinde blok zincir kimliği sahte olmamaktadır. İşlemlerin sadece bir blok zincirinin sonuna eklenebilir ve bir kez ekleme yapıldıktan sonra silinemez olması özelliği ile zaman damgasına sahip olması değiştirilemez olmasını sağlamaktadır. Tüm bu özellikler girişlerin yanlış veya güncel olmayan veri olasılıklarını azaltması ile blok zincir bütünlüğünü korur ve hesap verilebilir bir noktaya gelir (Bozic, vd., 2016: 5).

Blok zincir teknolojisinin hesap verebilirlik adına taraf kimlik doğrulaması, yalnızca ek girişler uygulaması ve şeffaflık özelliğine sahip olması büyük bir avantaj olarak değerlendirilmektedir. Buna karşılık blok zincir teknolojisinin bazı özellikleri, sağladığı avantajlar kadar dezavantajlara da neden olarak hesap verilebilirlik adına zorluk içermektedir. Bu özellikler arasında gizlilik ve kimliğin korunması yer almaktadır. Kişilerin kimliklerinin korunması ve kullanıcı adlarının reel olmaması gibi özelliklere sahip olması nedeniyle, hesap verilebilirlik noktasında dezavantaj yaratmaktadırlar (Zheng, vd., 2017: 10).

2.3.6. Veri Gizliliği ve Güvenliği

Hesap verilebilirlik kısmında yer alan dezavantajlarda ifade edilen gizlilik, aynı zamanda blok zincir teknolojisinin temel özelliklerinden biri olarak ifade edilmektedir. Blok zincir çözümlerinin önemli faydaları arasında, kuruluşların daha önce mevcut olmayan yollarla veri paylaşımlarına olanak sağlaması, gelişmiş iş birliği, gelişmiş operasyonel verimlilik ve genişletilmiş gelir olanakları yer

almaktadır. Veriler, birden fazla blok zincir katılımcısı tarafından erişilebilen paylaşılmış defterlerde depolandığından, veriler üzerinde gizliliğin nasıl korunacağı ile ilgili sorular bu ortamlarda daha da artmaktadır (Lin ve Liao, 2017: 655).

Blok zincir teknolojisi, kurumların kendi kendini yöneten kimliğin merkezinde yer alan bireylere kimliklerini gizli tutma ve gizliliklerini koruma imkânı vermektedir. Blok zincir teknolojisinin dağıtılmış yapısı, ağların çoklu oturumları açmayı ya da birleşik kimlikleri daha güvenli bir şekilde etkinleştirmelerine olanak tanımaktadır. Özer (2019), çalışmasında kişisel verilerin korunmasında blok zinciri modeli üzerine araştırmalarda bulunmuş ve konu ile alakalı durumu şu şekilde ifade etmiştir:

Nakamoto'nun 'yeni mahremiyet modeli' olarak andığı bu yeni düzende, blok zinciri sayesinde kullanıcıların verileri üzerinde gerçek kontrol sahibi olabileceği, günümüzün merkezileşmiş veri işleme yapılarının güç kaybedeceği ve bu gücün kullanıcıya iade edileceği öne sürülmüştür. Avrupa Birliği de blok zincirinin yeni düzendeki yerinin ve potansiyelinin farkında olduğunu göstermiştir. Nitekim Avrupa Birliği üyesi 21 devlet ve Norveç, 10 Nisan 2018 tarihinde 'Avrupa Birliği Blok Zinciri Ortaklığı Beyannamesi'ni imzalamış ve blok zincirinin 'vatandaşlara verileri üzerinde daha iyi kontrol imkânı sağladığını kabul ederek 'blok zincirini yeni bir dijital hizmet altyapısı' olarak önermiştir. Avrupa Parlamentosu da blok zinciri sayesinde bireyin, verilerini kontrol edebildiği, zincirde paylaşacağı verileri bizzat seçebildiği ve bunları kimlerin görebileceğine dair tercihlerde bulunabildiğini belirterek blok zincirini kişisel verilerin korunması açısından önemli bir 'araç' olarak tanımlamıştır.

Blok zincir teknolojisi yapısı ve işlemleri gerçekleştirme prensibince verilerin gizliliği ve güvenlik alanında önemli bir işleyişe sahip olarak değerlendirilmektedir. Bu noktada araştırmacılar tarafından ele alınan temel durum, blok zincir teknolojisinin gizlilik ve güvenlik konusunda gelişmiş bir yapıda olması ve daha da geliştirilebilir özellikleri barındırmasına rağmen, hukuki boyutun bu durum ile çelişkili bir noktada olmasıdır. (Özer, 2019: 261).

2.4. BLOK ZİNCİRİ ÇEŞİTLERİ

Şirketler, tedarik zincirine dair ihtiyaçlarını blok zincir çözümü formüle ettikleri noktada, projeleri için ne tür bir blok zincirin en uygun olduğu noktasında karara varmak zorundadırlar. Bu nedenle işlemlerin yapılması, kararların verilmesi adına blok zincir çeşitlerinin neler olduğu hakkında genel bir bilgi sahibi olmak

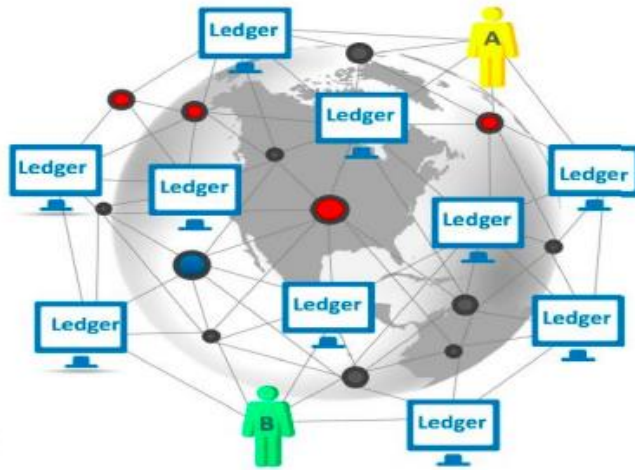
önemli bir nokta olarak değerlendirilmektedir. Her blok zincir çeşidi her işlem ve tedarik süreci için uygun bir pozisyonda değildir (Zheng, vd., 2017: 12).

Araştırmanın bu kısmında blok zincir çeşitleri olarak açık blok zinciri, özel blok zinciri ve konsorsiyum blok zinciri olmak üzere üç ayrı blok zincir çeşidi incelenecektir.

2.4.1. Açık Blok Zinciri

Her bir kimsenin verileri yazabildiği ve okuyabildiği, bunun için herhangi bir izin gereksinimi olmayan blok zincirlerine açık blok zinciri denilmektedir. Bu blok zincir şeklinde kullanıcıların her biri benzer şekillerde haklara sahip olarak değerlendirilmektedir. Kullanıcıların blok zincirin veri yapısını görüntüleyebilme, yeni kayıtları oluşturabilme ve güvenlik alanındaki işlemlere fayda sağlayabilme özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikler ile hedeflenen temel nokta ise, daha az maliyetle daha yüksek bir güvenlik düzeyine ulaşmaktır. Kullanıcıların gerçekleştirebilecekleri hatalara karşı, var olan bireysel hatalar için genel bir hata toleransının oluşturulması durumu söz konusudur (Kaya, 2019: 13).

Şekil 7: Açık Blok Zincir Şekli



Kaynak: (Kaya, 2019: 13).

Şekil 7.'de yer alan bitcoin dağıtık kayıt teknolojisi açık blok zincirin en sık kullanılan örneğini temsil etmektedir. Şekilde yer alan ağlardaki işlemlerin her biri,

diğer kişiler tarafından görüntülenebilir özelliğe sahiptir. Kişisel veriler ise şifreli yapılar sayesinde bu sistemde korunur hale gelmektedir. Şekilde yer alan ve ledger olarak ifade edilen yapı, blok zincir içerisinde yer alan herkesin işlem kayıtlarını ifade eder. Bu kayıtlar tutulur ve herkes tarafından görüntülenebilir özelliğe sahiptir. Bu sistemin işleyişinin en temel özelliği, kullanıcı olarak var olan kişilerin birbirlerine karşı duymuş oldukları karşılıklılık ilkesine dayalı olan güvendir.

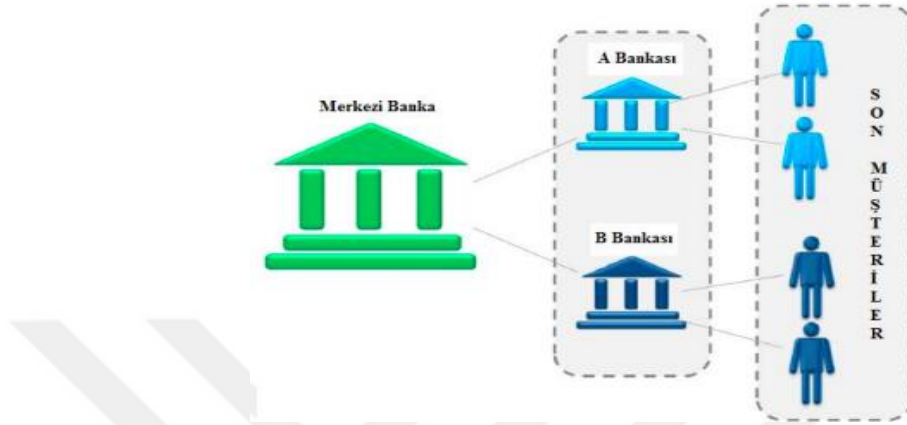
Araştırmacıların büyük bir kısmı tarafından açık blok zinciri, bir blok zinciri olarak düzenlenen dağıtılmış, şeffaf ve değişmez bir halka açık “bülten tahtası” olarak ifade edilmektedir (Lu, vd., 2018: 856). Açık blok zinciri, her biri sistemde pay sahibi olan katılımcılar arasında paylaşılan işlemler adı verilen dijital olayların defteri niteliğinde olduğu için araştırmacılar “bülten tahtası” benzetmesinde bulunmaktadır. Bu defter, direkt olarak katılımcıların mutabakatı ile güncellenir ve kaydedilmesinin ardından bilgilerin herhangi bir şekilde değişimi söz konusu olmaz. Teknik olarak bakıldığında açık blok zinciri, işletmelerin kriptografik olarak güvenli, değişmez, dağıtılmış ve eşler arası veri tabanlarının gücünden yararlanmayı sağlayan bir mimari bileşene sahiptir. Açık blok zinciri özel bir defterdeki işlemleri kaydetmek ve bunlara erişmek için modüler tabanlı bir protokoldür. Bu bağlamda işlemler, verilerden varlıklara, talimatlara ve kimliklere kadar geniş bir tanımlamaya sahip olabilir. Hem işlemsel işlem protokolünü hem de bilgi deposunu birleştiren bir sistem, birden çok etki alanı için büyük bir avantaj olarak görülmektedir (Kaya, 2019: 14).

2.4.2. Kapalı blok zinciri

Açık blok zincir yapısının tam tersi olacak şekilde kapalı blok zincirinde sistem, güvenilir olarak ifade edilen kullanıcıların bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Yetkisi bulunmayan kullanıcılar için bilginin okunması, değiştirilmesi gibi durumlar bu blok zincir şeklinde geçerli bir özellik değildir. İşlemler üzerinde değişimler ya da erişim sağlama gibi özellikler tek bir otorite üzerinde toplanmış bulunmaktadır. Daha çok yüksek güvenlik ve gizlilik gerektiren işlemler, devletlerin kamu alanlarında gerçekleştirdiği işlemler ve global finans sistemlerinin tercih ettiği bir blok zincir

şekli olarak kullanılmaktadır (Lu, vd., 2018: 860). Şekil 8.'de kapalı blok zincir şeklini temsil eden görsel yer almaktadır.

Şekil 8: Kapalı Blok Zincir Şekli



Kaynak: (Kaya, 2019: 14).

Kapalı bir blok zincirinin sahipleri ve operatörleri, ağa kimin veri yazabileceğini kontrol etmek ve blok zincirinden kimin veri okuyabileceğini düzenlemek ister. Bu nedenle, kapalı bir blok zincirindeki her katılımcının kimliği, deftere hangi bilgileri aktarabilecekleri ve defterden hangi verileri tüketebilecekleri ile ilgili kuralları tanımlamak için bilinmelidir. Kapalı blok zincirler, kimlik yönetimi araçlarıyla veya üçüncü taraf kimlik yönetimi çözümleriyle entegrasyona olanak tanıyan modüler bir mimariyle gelme eğilimindedir. İşletmelerin genellikle bir düzeyde güvenlik, gizlilik, uyumluluk ve performans sağlamaları gerektiğinden, kapalı veya özel blok zincirlere genellikle kurumsal blok zincirler denir (Kaya, 2019: 14).

2.4.3. Konsorsiyum Blok Zinciri

Bu blok zinciri ağlarını, açık ve kapalı blok zinciri ağlarının bir birleşimini oluşturacak şekilde ele almak mümkündür. Söz sahibi olan otorite her kimse bu otorite tarafından düğümün önceden seçilmesi mümkündür. Konsorsiyum blok zincirinde yer alan veriler açık olabileceği gibi kapalı da olabilmektedir. Okuma, yazma ve işlem yapma yetkisi otorite olarak ifade edilen kimselerde yer alır. Ancak,

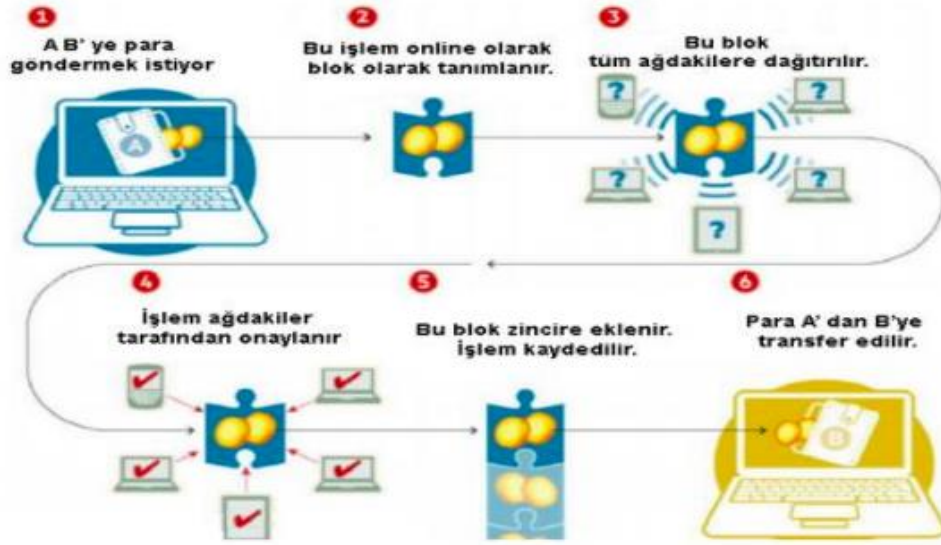
bu yetkiye sahip olacak kişiler yine belirlenmiş otoriteler tarafından arttırılabilir bir özelliktir (Ünal ve Ulusoy, 2020: 168).

Bu zincir yapısında verilere erişim ile doğrulama işlemlerinin farklı işlemler olduğu ve doğrulama yapılmadığı sürece veri işlemlerinin herhangi bir anlamı olmadığı net şekilde görülmektedir. Bu durum, bir araya gelerek birbiriyle iş birliği yaparak farklı modeller geliştirmeye çalışan kurum veya kuruluşlar tarafından kullanılabilir. IBM firmasının Hyperledger projesi ise bu zincir türünün en büyük örneği olarak değerlendirilmektedir (Vural ve Sağıroğlu, 2010: 74).

2.5. BLOK ZİNCİRİNİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Blok zincir ilk olarak 2008 yılında Satoshi Nakamoto tarafından “Bitcoin: Eşler arası elektronik nakit sistemi” tezinde tanıtılmasına rağmen bu yapı bitcoinin altında yatan teknolojiyi ifade etmektedir. Geleneksel işlemler, merkezi bir güven gerektirir. İşlemlerin onaylanması ve kaydedilmesi tamamen güvenilir kuruma bağlıdır ve bu da işlem maliyeti, verimlilik ve güvenlik konularında birçok soruna neden olabilir. Merkeziyetsizlik, blok zincirin temel özelliğidir ve bu sorunları çözmek için kullanılabilir. Blok zincirindeki tüm düğümler eşit statüye sahiptir. Bu düğümler, kuralların önceden anlaşılmasını kullanarak ve çoğunluk hakimiyeti ilkesini izleyerek fikir birliğine varırlar. Diğer düğümlerin tam olarak güvenilirmediği durumlarda veri, dağıtılmış depolama ve işlem bilgisi tanıma işlevlerini uygularlar. Böylece işlem sorunlarını etkili bir şekilde çözebiliriz. Bitcoin, finans alanındaki ilk blok zincir uygulamasıdır. Blok zincir teknolojisinin gelişmesinden hükümet, finans kurumları ve teknolojik işletmeler endişe duymaktadır (Mingxiao, vd., 2017: 2569).

Şekil 9: Blok Zinciri Çalışma Şekli



Kaynak: (İslam, 2019: 12).

Şekil 9.'da blok zincir sisteminin çalışma prensibi ele alınmaktadır. Buna göre bu sistem 6 aşamalı bir süreçten meydana gelmektedir. Her bir süreç ele alınacak olunursa şu şekilde ifade edilir:

1. A kişinin B kişisine para göndermek istemesi,
2. Bu işlemin online blok olarak tanımlanması,
3. Bu bloğun tüm ağdakilere dağıtılması,
4. İşlemin ağdakiler tarafından onaylanması,
5. İşlemin blok zincire eklenmesi ve kaydedilmesi,
6. Paranın A kişisinden B kişisine transfer edilmesi

Genel bir blok zincir teknolojisinde gerçekleştirilen tüm bu işlemler ve blok zincirin çalışma şekli, diğer kimseler tarafından görülmektedir. Bilgilerin diğerlerine açık bir veri tabanında şifrelenerek kaydedilmesi sağlanır ve bu işlemlere üçüncü bir kimseye ihtiyaç duyulmadan gerçekleşme imkânı verilmektedir (İslam, 2019: 14). Literatürde yer alan bazı araştırmalar blok zincir teknolojisinin işleyişini potansiyel uygulamalar olarak değerlendirmekte ve bunları üç ayrı başlık altında ele almaktadır. Bu başlıkları çalışmasında inceleyen Ammous (2016), her bir prensibi detaylı şekilde ele almıştır. Bunlar:

1. Dijital ödemeler: Ödeme işlemleri için mevcut ticari mekanizmalar, tüm işlemleri kaydetmek ve hesap bakiyelerini korumak için merkezi defterlere dayanır. Esasen işlem, işlem yapan taraflardan aracıya bir kez iletilir, geçerlilik açısından kontrol edilir ve buna göre her iki hesap da ayarlanır. Bir blok zincirde, işlem tüm ağ düğümlerine iletilir, bu da daha fazla iletim ve daha fazla işlem gücü ve zamanı içerir. İşlem ayrıca her üye bilgisayara kopyalanan blok zincirinin bir parçası haline gelir. Bu, merkezi temizlemeden daha yavaş ve daha pahalıdır. Bitcoin, daha hızlı ve daha ucuz işlemlere izin verdiği için değil, üçüncü taraf aracılıklarına güvenme ihtiyacını ortadan kaldırdığı için bir blok zincirine sahiptir.
2. Sözleşmeler: Şu anda sözleşmeler avukatlar tarafından hazırlanmakta, mahkemeler tarafından değerlendirilmekte ve polis tarafından uygulanmaktadır. Ethereum gibi akıllı sözleşme şifreleme sistemleri, sözleşmeleri, temyiz veya geri alma imkânı olmaksızın ve mahkemelerin ve polisin erişemeyeceği bir yerde, kendi kendini yürütmelerini sağlamak için bir blok zincirine kodlar. "Kod yasadır", akıllı sözleşme programcıları tarafından kullanılan bir slogandır. Bu kavramdaki sorun, avukatların sözleşme hazırlamak için kullandıkları dilin, akıllı sözleşme hazırlayıcıları tarafından kullanılan kod dilinden çok daha fazla kişi tarafından anlaşılmış olmasıdır. Akıllı bir sözleşmenin etkilerini tam olarak anlayabilecek teknik uzmanlığa sahip dünya çapında muhtemelen sadece birkaç yüz kişi vardır ve göz kamaştırıcı yazılım hatalarını bile kaçırabilirler. Bütün bunlar, Merkezi Olmayan Özerk Kuruluş olan Ethereum ağındaki akıllı sözleşmelerin ilk uygulanmasıyla belirginleşmiştir. Bu alan blok zincirin çalışma prensibini belirlemesine rağmen günümüzde soru işaretlerinin devam ettiği bir alan olarak ifade edilmektedir.
3. Veri tabanı ve kayıt yönetimi: Blok zincir güvenilir ve kurcalamaya karşı korumalı bir veri tabanı ve varlık kaydı olarak ifade edilir. Ancak yalnızca blok zincirin yerel para birimi için ve para birimi ağının saldırıya direnecek kadar güçlü işlem gücüne sahip olması için yeterince değerliyse bu durum geçerli olarak görülür. Fiziksel veya dijital olan diğer herhangi bir varlık için blok zinciri, yalnızca varlık ile blok zincirinde ona atıfta bulunanlar arasındaki bağlantıyı kurmaktan sorumlu olanlar kadar güvenilir görülmektedir.

2.6. BLOK ZİNCİRİNİN KULLANIM ALANLARI

Günümüz teknolojisi ve değişim gösteren finansal süreçlerle birlikte kripto paralar ve bitcoin giderek hız kazanan ve odak nokta olan dijital bir para sistemi haline gelmiştir. Dijital paranın etki alanını genişletmesi ve tercih edilen bir yaklaşım haline gelmesiyle birlikte bu birimlere güç sağlayan temel dağıtılmış defter teknolojisi olan blok zinciri, kullanım alanlarını hızlı bir şekilde geliştirmiştir.

Blok zinciri kullanım alanlarıyla ilgili Joancomarti, vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, blok zincir kullanım alanları ve bu alanların yüzdelik değerlerine yönelik veriler paylaşılmıştır. Finansal hizmetler %46, endüstriyel ürünler ve imalat %12, enerji ve ürünler %12, sağlık %11, hükümet %8, emekli ve tüketiciler %4 olacak şekilde kullanım alanına sahip olmuştur. Bazı devletler bu alanlarda blok zinciri kullanımı oranlarını arttırmak amacıyla kullanım teşvikine dair yasalar oluşturmaktadır. Buna örnek olarak blok zinciri teknolojisiyle güvence altına alınmış olan imzalar, Arizona’da yer alan eyaletler için onaylanmış durumdadır.

Blok zincir kullanım alanlarına dair bir sınıflandırma söz konusu olduğunda bunu şu şekilde gerçekleştirmek mümkündür: bankacılık ve finans alanında blok zincir kullanımı, işletmelerde blok zincir kullanımı, devlet sisteminde blok zincir kullanımı olacak şekilde ayrım yapılır. Bu üç ana başlık kendi içerisinde alt başlıklara ayrılarak blok zinciri uygulama alanının kullanım örneklerini daha geniş bir alana taşımaktadır. Ana başlıklar ve alt başlıkları incelenecek olunursa şu şekilde ifade edilir:

2.6.1. Kamu Sektörü

Değer örneklerinin benzersiz bir yapıya sahip olması, internet aracılığı ile bankacılık ve devlet alanındaki bir onaylamaya gerek kalmadan güvenilir, sistematik bir şekilde kullanılmakta olan yöntemi ile günümüzde birden fazla alanda ve birden fazla şekilde kullanımı mümkün olan bir yazılım protokolü olarak tanımlanmaktadır. Toplumların ticaret ve kamu alanında kullanılabilir bir noktaya erişmesinde önemli bir sistem olarak ifade edilen blok zinciri uygulaması, özellikle kamu alanı için aktif olarak tercih edilebilir bir konuma gelmiştir. Kamu alanında e-devlet ve vatandaşlık

işlemlerini gerektiren hemen her uygulama için kullanılabilir bir özelliğe sahip olarak ademi merkezîyetçi bir sistem içerisinde organizasyonlar, elektronik onaylar, tapu alanı gibi pek çok noktada da kullanım açısından uygulanabilir bir noktada yer almaya başlamıştır. Kamu sektöründe blok zinciri kullanım örneği olarak Kapitonov, vd. (2018), bir deney sistemi üzerinde bunu ifade etmişlerdir. Buna göre, akıllı bir kent ve eğitim alanında kullanılabilir proje kapsamında özerk ajanslar arası güvenli bir etkileşimin gerçekleşmesi ve kamuya düşen sorumlulukların yerine getirilmesi amacıyla blok zinciri teknolojisi en etkili yöntem olarak değerlendirilmiştir. Kamu sektöründeki blok zincir kullanımına dair en spesifik örnek olarak “D5” verilmektedir. Dijital 5 Uluslararası açılımına sahip olan bu yaklaşımda İngiltere, Estonya, Güney Kore, İsrail ve Yeni Zelanda yer almaktadır. Bu beş ülke kendilerini bu alanda kurucu ve işbirlikçi bir konumda tanımlamaktadırlar. Dijital hükümet kavramı ile ülkelerin vatandaşları için ne şekilde ve en çok hangi düzeyde fayda sağlayacağı prensibi ile hareket eden grup, benzer sorunlar söz konusu olduğunda işbirlikçi bir yaklaşımın tercih edilmesinin ana hedef olarak ele alındığını ifade etmektedir. Bu şekli ile D5 olarak tanımlanan ülkeler, blok zincir ve kamu alanının en işlevsel örneği olarak görülmektedir (Özaltın ve Ersoy, 2020: 755).

2.6.2. Finans

Blok zincirin bu alandaki örnekleri ifade edilecek olunursa *uluslararası ödemeler* bu örneklerden ilkinin temsil eder. Bu noktadaki kullanımın temel nedeni ise diğer kişilerin erişimlerine karşı korumalı bir güvenlik alanını verimli şekilde sağlamasıdır. Güvenlik alanındaki konumu sayesinde uluslararası ödemeler ve para transferlerinin gerçekleşmesi için tercih edilen bir konumda yer alır (Tüfekci ve Karahan, 2019: 167). Kullanım alanına bir diğer örnek olarak *sermaye piyasaları* verilmektedir. Buradaki kullanım ise blok zincir sisteminin sermaye piyasalarını iyileştirme potansiyeline yönelik etkili bir alana sahip olmasıdır. Blok zincir bu alanda daha hızlı değişim ve yerleşim sağlama, operasyonel iyileştirme sistemi, konsolide denetim izi sunar. Bununla ilgili verilebilecek en net örnek ise 2013 yılında kurulan Startup Axoni'nin sermaye piyasası alanını daha iyi bir noktaya ulaştırmak için blok zincir sistemine dayalı yaklaşımları tercih etmesi verilebilir.

Bankacılık ve finansal alandaki blok zinciri kullanımına üçüncü bir örnek olarak *ticaret finansı* verilebilmektedir. Geleneksel finansman yöntemleri zaman içerisinde işletmeler adına mevcut işlerin kesintiye uğraması ve zorlaşmasıyla ilişkilenmiştir. Bu haliyle blok zincir ticaret finansında yer alan anlaşmaların belirli bir düzen içerisinde seyretmesi ve sürecin basit, sistematik olması yönünde hareketlilik sağlamaktadır. Bu alandaki bir diğer örnek ise *sigortacılık* olarak verilebilmektedir. Sigorta alanı için günümüzde en nitelikli uygulama pek çok uzman tarafından akıllı sözleşmeler olarak ifade edilmektedir. Akıllı sözleşmeler ile müşteriler ve sigorta uygulayıcıları arasında güvenilir, şeffaf bir süreç yaşanmaktadır. İkili arasındaki her türlü sözleşme ve istenilenler, zincirlere kaydedilerek ağlar aracılığıyla doğrulanabilmektedir.

2.6.3. Eğitim

Birçok alanda kullanımı ile dikkat çekmeye başlaması sonucu eğitim alanında da kullanılabilir olup olmadığı sorgulanabilir bir noktaya gelmiştir. Öğrenme şekli olarak açık öğrenme ve uzaktan öğrenme sistemi içerisinde daha önceki öğrenmelerin tanımlanabilir olması, grupsal olarak açık ders seçeneklerini barındırması, üniversitelere dair özelleştirilmiş kampüs içerisi uygulama seçenekleri, bilişim sistemi alanında gelişimsel ve yenilikçi bir yapıda olmasıyla uygulanabilir bir alan olarak ifade edilmektedir. İnternet sistemine dayalı olması, gerçeklik ve yapay zekâ uygulanabilirliğini taşıması ve uzaktan öğrenme şeklini kolaylaştırmasıyla birlikte eğitim alanında uygulanabilir bir sistemi barındırır. 2016 yılında İngiltere’de yapılan bir çalışmaya göre eğitim alanında blok zinciri teknolojisinin 4 yıldan daha uzun sürecek olmakla birlikte 10 yıllık bir süre içerisinde potansiyel etkisinin giderek artış göstereceği ifade edilmektedir (Sharples ve Domingue, 2016: 493)

2.6.4. Hukuk

Blok zincir teknolojisinin kullanımına ilişkin finans alanından sonraki önemli bir diğer alan hukuk alanı olarak görülmektedir. Finans alanında baskın bir yaklaşım hâkimdir ve var olan masrafların azaltılmasıyla birlikte kâr oranında artışın tercih

edilmesi durumu söz konusu olmaktadır. Bu sistem ise beraberinde daha verimli, istenilir ve hızlı bir hizmet sistemine dayalı yaklaşımların tercih edilmesini sağlar. Hukuk alanı da bu sistem gereği hareket etme istekleri ile blok zincir teknolojisini tercih eder bir noktaya gelmiş olarak tanımlanmaktadır.

Ancak bu teknolojinin kullanımı daha çok belirli bir mali seviyenin üzerinde yer alan ülkelerde bulunan, kurumsal olma niteliğine sahip hukuk şirketleri tarafından tercih edilmektedir. Bu özellikte yer alan şirketlerin blok zincir teknolojisini tercih etme nedenleri ise “akıllı sözleşmeler” olarak ifade edilen kavram sayesinde normal şartlarda hazırlanacak olan sözleşmelerin masraflarında düşüşün meydana gelmesi ve verimli olarak ifade edilen sonuçların ortaya çıkmasıdır. Bir diğer neden, blok zincir teknolojisinin kayıt sistemine dayalı olması ve bu sayede hukuk alanında şirketlerin her türlü eylemlerinin kayıtlarının uzun süreli olacak şekilde tutulmasına kolaylık sağlamasıdır. Hukuk söz konusu olduğunda ülkeler için durumlar büyük bir ölçüde değişim gösterdiği için uygulamalar ve yasal zorunluluklar büyük bir farklılık göstermektedir. Bu nedenle direkt olarak hukuk alanında net bir kullanım şekli ve verimli bir sistem örneğinden bahsetmek araştırmacılar için güç olarak ifade edilen bir durum noktasındadır.

2.6.5. Sağlık

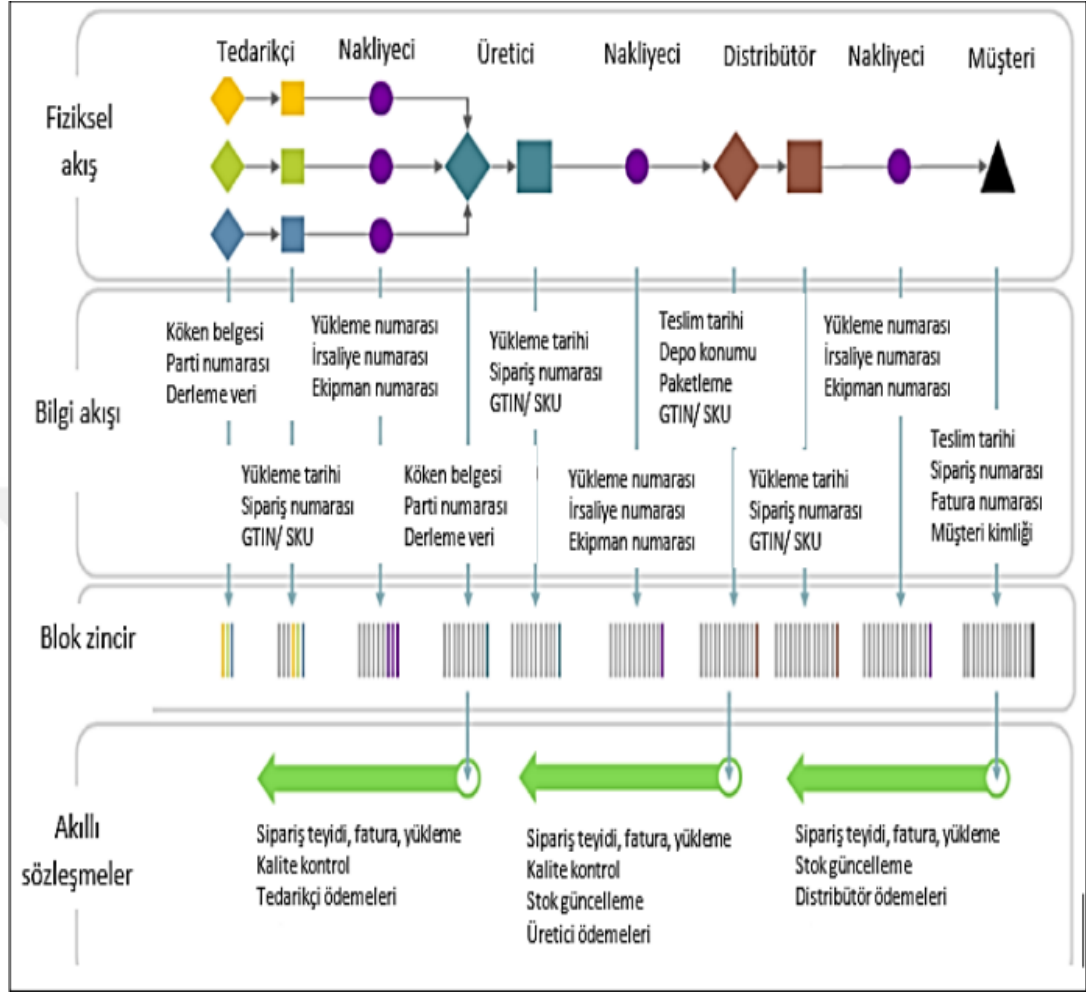
Blok zinciri kullanımı örneği olarak bir diğeri ise sağlık alanına yönelik hizmet ile ifade edilmektedir. Kişilerin yaşları, cinsiyetleri gibi genel olarak ifade edilecek olan bilgiler ile sağlık geçmişiyle ilgili bilgilerin tıbbi detaylarını sunan bir sistemdir. Bilgiler yalnızca oldukları halleri ile hastaların yalnızca bu sisteme dayanarak özel algılanması durumu olmadığı için hastalar tarafından beklenen anonimlik endişesini ortadan kaldırır. Sağlık alanında blok zincir kullanımı özel bağlantılı olarak ifade edilen cihazların daha fazla tercih edilmesi ve bireyler için sağlık kayıtlarının bir ihtiyaç haline dönüşmesiyle birlikte giderek artış göstermektedir (Aydar ve Çetin, 2020: 534). Aydar ve Çetin, çalışmalarında blok zincir ve sağlık sektörü arasındaki ilişkiyi örneklendirmektedir. Blok zincir teknolojisinin sağlık alanında kullanımına dair örneklendirmeler şu şekilde ifade edilir:

- Sağlık bilgisi transferi; sağlık hizmetinden yararlanan hastalar ve bu sağlık hizmetini sağlayan kuruluşlar için bilginin gerekli durum ve kişilere transferi noktasında önemli bir kolaylık sağlamaktadır.
- Sağlık araştırmalarına dair bütünlük; sağlık alanında gelişmelerin meydana gelmesi büyük bir çoğunlukla yapılan araştırmalarla oluşmaktadır. Değiştirilebilir olmayan, doğrulanabilir kayıt özelliği ve işlemleri sayesinde blok zincir teknolojisi sağlık alanında dağıtık veri merkezi olarak kullanılma özelliği göstermektedir.
- Kişisel sağlık kayıtları; blok zincirin sağlamış olduğu yüksek düzeyli veri kaydı ve bu kayıtların belirli süreler boyunca arşivlenmiş olması tercih edilebilir olmasını sağlamıştır.
- Faturalar ve hasar kayıtları; akıllı sözleşmeler, bilgi bildirimi, ödeme sisteminde sağlık kuruluşları tarafından maliyeti düşürücü bir noktada olmasının yanı sıra zamansal olarak da tasarruf edilmesini kolaylaştırmıştır.

2.6.6. Tedarik Zinciri Yönetimi

Blok zincir teknolojisi kullanımına bir diğer örnek tedarik zinciri yönetimi olarak ifade edilir. Tedarik zincirine dair bir tanımlama yapılacak olunursa; malların ya da hizmetlerin ham maddelerin tedarik edilmesinden tüketici kesimine ulaşmasına kadar olan her türlü faaliyet olarak ifade edilir. Blok zincirin bu alanda kullanımı ise değişmez defter yaklaşımının hareket halinde olan ve el değişimi olan ürünler için gerçek zamanlı takibi şeklinde bir uygulamaya sahip olmasıdır. Blok zincirin kullanımı şirketler için ürünlerin tedariki ve bunların taşınması noktasında müşterilerine birden fazla yaklaşımın sunulmasını sağlamaktadır.

Şekil 10: Blok Zincir Teknolojisi ve Tedarik Zinciri Yönetimi Arasındaki İlişki



Kaynak: (Bakan ve Şekkeli, 2019: 2858).

Şekil 10.'da yer alan bilgilere göre tedarik zincirinde blok zincirinin nasıl kullanıldığı açıklanmaktadır. Buna göre, fiziksel akış, bilgi akışı, blok zinciri ve akıllı sözleşmeler bu alandaki dört temel sistemi ifade etmektedir. Tüm bunlar ise tedarikçi, nakliyeciler, üretici, nakliyeciler, distribütör ve müşteri arasındaki sıralı ilişkiye dayanmaktadır. Bu alanda blok zincir teknolojisinin kullanılıyor olması şeffaflık, takip edilebilirlik, sahteciliğin ve dolandırıcılığın önüne geçilmesi, evrak süreçlerinde kolaylık, finansal alanlarda işlevsellik, insan kaynaklı hatalarda düşüş gibi faydalar sağlamaktadır (Bradbury, 2014: 11).

2.7. EN YAYGIN BLOK ZİNCİRİ PLATFORMLARI

2008 yılında aktif olarak kullanılmaya başlanmasının ardından gelen süreçte blok zinciri birçok farklı disiplin ve alanda kullanılan bir teknoloji haline gelmiştir. Birçok araştırmacıya göre gizemli bir şekilde alana dahil olan bu kavram ilk süreçte finans alanı için önemli bir ilgi mekanizması haline gelmiştir. Etki alanı ve değerinin giderek artması ile birden fazla alanda kullanılan platformlar haline dönüşmüştür. Bu durum ise günümüzde büyük bir kısmının hemen herkes tarafından bildiği ve boyutları 150 milyar dolarlık değerlere ulaşan platformların oluşmasını sağlamıştır.

Araştırmanın bu bölümünde alanda yer alan en yaygın blok zinciri platformlarına dair bir inceleme söz konusu olacaktır. Bunun için yedi ayrı en yaygın şekilde kullanılmakta olan blok zinciri platformu incelenecektir. Bu platformlar; Bitcoin, Ethereum, Hyperledger, Microsoft Azure, Ripple, Corda, Accenture incelenecektir.

2.7.1. Bitcoin

Bitcoin kavramı 2008 yılında Nakamoto tarafından yayınlanan makale ardından ortaya çıkan bir kavram olarak ele alınmaktadır. Blok zincir teknolojisini açıklamasının ardından bir yıl sonra Nakamoto, 2009 yılında ilk bitcoin yazılımını geliştirmiş ve bu sayede sistemin var olmasını sağlamıştır. Bitcoin, hükümetlerden ve bankalardan tam bağımsız olarak yapılan anonim ödemeler için tasarlanmış olan bir sanal para birimi olarak ifade edilmektedir. Son yıllarda kullanım ve ilgi alanı giderek artan bu sanal para biriminin bu artışı yaşamasının en temel nedeni olarak ise düşük maliyet, hız, anonimlik gibi çeşitli imkanları bir arada sunabiliyor olması olarak görülmektedir (Lustig ve Nardi, 2015: 745).

Bitcoin çift yönlü akışa ve kripto para birimine sahip merkezi olmayan sanal bir para birimini ifade etmektedir. Genel düzeyde bitcoin, bir tür elektronik nakit olarak çalışma işlevini yerine getirmektedir. Çalışma prensibi çok basit ve erişilebilir bir yapıya sahiptir. İnternet erişimi olan teknolojik araçlarda gerekli yazılıma sahip olan herkes erişime dahil olabilmektedir. Bitcoin kavramı ile ilişkilendirilen bir durum olarak iş kanıtı, belirli gereksinimleri karşılayacak şekilde üretilmesi zor olan

bir veri parçası şeklinde ifade edilmektedir. Bir iş kanıtının üretilmesi, düşük olasılıklı rastgele bir sürece denk gelmektedir ve bu nedenle geçerli bir iş kanıtı oluşturmada öncesinde çok fazla deneme yanılma gerekmektedir. Bitcoin’de Hashcash iş kanıtı kullanılmaktadır. Bitcoin’de bir iş kanıtı sisteminin kullanılıyor olması, kripto para birimi olarak sahip olduğu benzersiz ve belirleyici bir özellik olarak ifade edilmektedir. Bitcoin’de ağ, madenci tarafından gönderilen blokta karma işlemini gerçekleştirir ve bir sonraki bloğun modeline hala uygun olup olmadığını kontrol eder. Bu sayede ağ, madenci tarafından bulunan yeni bloğun meşru olduğunu kolayca kanıtlayabilmektedir. İş kanıtının hesaplanmasının temel zorluğu ağ tarafından yaklaşık olarak her 10 dakikada bir yeni blok bulunacak şekilde ayarlanabilir olmasıdır (Vyas ve Lunagaria, 2014: 11).

İngiltere Merkez Bankası, Bitcoin ile ilgili olarak bu kavramın ne olduğu ve ne olabileceğiyle ilgili bir açıklamada bulunmuştur. Bu açıklama şu şekilde ifade edilmektedir: *“Ekonomik teori açısından bakıldığında, bir dijital para biriminin para olarak kabul edilip edilemeyeceği, bir değer deposu, bir değişim aracı ve bir hesap birimi olarak ne ölçüde hareket ettiğine bağlıdır.”* Açıklamada yer alanlara denk gelen kavram olan cüzdan, para göndermek ve almak için kullanılan anahtarlar üretmektedir. Anahtarın mevcut sahibi, alıcının anahtarının bir dizi önceki işleme eklenmesini onaylamak için özel bir dijital anahtar kullandığı için bitcoin transferi yapılmaktadır. Madeni para alacak kişinin eline ulaştıktan sonra ödeme yapan kişinin aynı madeni parayı harcaması mümkün değildir (Bell, 2000: 612). Buna karşılık dijital varlıklar aynı anda birkaç yerde olabilmektedir. Bahsedilen bu ikili durum nedeniyle dijital para birimleri çift harcama sorunuyla karşı karşıya olmaktadır. Bitcoin’de bu duruma çözüm geleneksel olarak ifade edilen ödeme sistemlerinden farklı bir sistemle sağlanmaktadır. Merkezi bir doğrulama yetkisi oluşturmak yerine, bitcoin merkezi olmayan bir eşler arası ağ düzenlemesi sağlamıştır. Ağdaki tüm işlemlerin eksiksiz ve kamuya açık bir kaydını tutarak bu durumun önüne geçilmesi amaçlanmıştır (Karlstrom, 2014: 34).

Bitcoin’in geleneksel para sisteminden farkına dair yapılan çalışmada (Çarkacıoğlu, 2016: 17) bu farklar şu şekilde ifade edilmektedir:

- Bitcoin merkezi olan bir ağ yapısına sahip değildir. Bu sistemde hiçbir aracı, denetleyici ya da benzer rollerde kişiler yoktur. Birbirine uçtan uca bağlı olacak şekilde var olan bilgisayarlar ile bu sistem kurulmaktadır.
- Genel olarak dijital para birimlerinde gerçekleştirilen işlemler için güvenilir bir aracıya gerek duyulmaktadır. Ancak bitcoin’de aracılar ya da güven sağlayıcı bir dinamik ihtiyacı bulunmamaktadır.
- Bitcoin bir tür borç olarak algılanamaz. Bundan daha ziyade değer taşıyıcısı olarak ifade edilmektedir. Bankalardaki hesaplarda bulunan paralar, sistemi gereği bankaların para sahiplerine olan borçları şeklinde ele alınır. Ancak bitcoin bu sistemi temsil etmez ve bankalarda olduğu gibi bir denetleme sistemine tabii değildir.
- Banka sistemi içerisinde yer alan paralar devletlerin mali hareketlerine bağlı olarak değer kaybı ya da artışı yaşayabilirler ve bu duruma kişilerin herhangi bir etkisi söz konusu olamaz. Ancak bitcoin, sistemi içerisinde dışardan bir para arzı oluşmasına açık olmadığı için enflasyon gibi sorunlarla karşı karşıya kalmaz.
- Bitcoin’de var olan her tür işlem anonim bir yaklaşımla yapılmaktadır. Kişiler takma isimler kullanarak hesaplar oluştururlar. Bu sayede yapılan işlemlerin reel kişi, kurum ve kuruluşlarla ilişkisi ortadan kalkmış olur.
- Bitcoin aracılığıyla gerçekleştirilen işlemler hızlı bir sistem içerisinde şeffaflıkla gerçekleştirilir. 2009 yılındaki ilk işlemten bu yana gelen her tür işlem, isteyen her kişi tarafından görüntülenebilir bir özelliğe sahiptir.

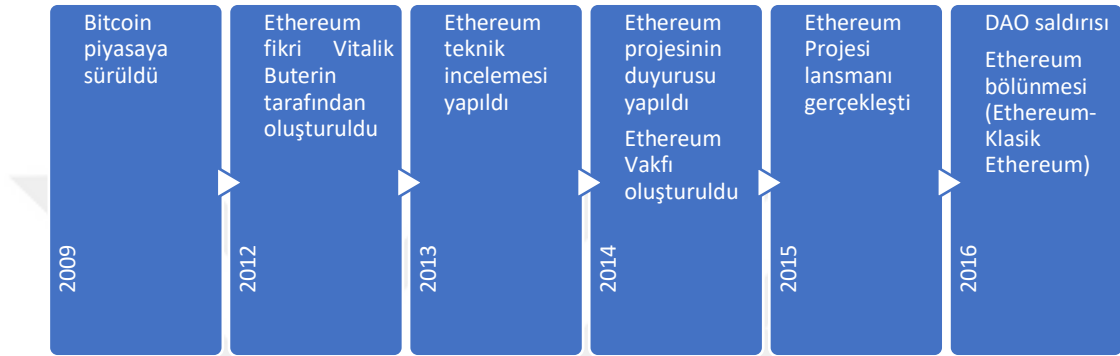
Bitcoin sahip olduğu tüm bu özellikler nedeniyle ilgi çekici bir konumda bulunmaktadır. Kullanan kişilerin sayısında artışların meydana gelmesi aynı zamanda sistemin daha iyi ve etkili çalışması aynı zamanda olumsuzlukların ortadan kaldırılmasını sağlayacak bir özelliği de beraberinde getirecektir (Maurer, vd., 2013: 270).

2.7.2. Ethereum

Ethereum nedir ve nasıl bir süreçten geçmiştir sorusunu cevaplamak için tarihsel olarak izlediği seyri ifade etmek kolaylık sağlayacaktır. Şekil 11.’de yer alan tarihsel haritada ethereum hangi süreçlerden geçti ve hangi sıralarla gerçekleşti sorusunun kısa bir özeti bulunmaktadır. Buna göre 2009 yılında bitcoin’in piyasalara

sürülmesi başlangıç tarihi olarak kabul edilmektedir. Aradan geçen 3 yıllık süreyle Vitalik Buterin ethereum fikrini oluşturmuştur. 2013 yılında bu fikrin teknik bir incelemesi gerçekleştirilmiş ve 2014 yılında projenin duyurusu yapılmıştır. Bir sonraki sene ethereum projesi lansmanla tanıtılmıştır. 2016 yılında DAO saldırısının gerçekleşmesi ardından ethereum bir bölünme yaşamıştır.

Şekil 11: Ethereum ve Tarihsel Seyri



Kaynak: (Diedrich, 2016: 360).

Ethereum, Vitalik Buter'in makalesinde ele alındıktan sonra bitcoin kavramının çeşitli sınırlarının ele alınması üzerine ortaya çıkan bir yapıya sahip olmuştur. Döngüler de dahil olmak üzere her türlü hesaplamayı destekleme üzerine ilerleyen ethereum, işlemin durumunu ve blok zincir yapısı üzerinde gerçekleşen diğer işlemleri de desteklemesiyle dikkat çekmektedir. Bu sistemde herkesin mülkiyet, işlem biçimleri ve durum geçiş işlevleri için kendi kurallarını oluşturmasını sağlayan soyut bir katman bulunmaktadır. Tüm bunlar yalnızca belirli koşullar yerine getirildiğinde yürütülen bir dizi şifreleme kuralı olan akıllı sözleşmeler dahil edilerek yapılmaktadır. Ethereum ağındaki fikir birliği, değiştirilmiş hayalet protokolüne dayanmaktadır. Bu protokol, ağda yer alan eski bloklar sorununu çözmek amacıyla oluşturulmuştur (Malkhi ve Reiter, 2008: 208). Eski bloklar, bir madencilik havuzunda birleştirilen bir grup madencinin diğerlerinden daha fazla bilgi işlem gücüne sahip olması durumunda ortaya çıkabilir; bu, ilk havuzdan gelen blokların ağa daha fazla katkıda bulunacağı ve böylece merkezileşme sorununu yaratacağı anlamına gelir. Hayalet protokolü, bu eski blokları en uzun zincirin hesaplamalarına dahil eder. Merkezileşme sorunu, bayat bloğun ödülün % 87.5'ini aldığı ve bu bayat

bloğun yeğeninin ödülün kalan % 12.5'ini aldığı stales'e blok ödülleri sağlayarak kaldırılır. Bu şekilde, madenciler blokları ana blok zincirinin bir parçası haline gelmemiş olsa bile hala ödüllendirilirler (Vujić ve Jagodić, 2018: 4).

Ethereum durumu, her hesabın 20 baytlık bir adrese ve durum geçişlerine sahip olduğu hesaplardan oluşur. Bu durum dünya durumu, adresler ve hesap durumları arasında bir eşlemedir. Ethereum iki tür hesabı destekler: dışarıdan sahip olunan (özel anahtarlarla kontrol edilir) ve sözleşme hesapları (sözleşme kodlarıyla kontrol edilir). Bir Ethereum hesabı dört alandan oluşur: nonce, ether bakiyesi, sözleşme kodu karması ve depolama kökü. Nonce, belirli bir adresten gönderilen işlem sayısını veya bir hesap tarafından yapılan sözleşme oluşturma sayısını temsil eder ve her işlemin yalnızca bir kez işlenebileceğinin garantisi olarak kullanılır (Malkhi ve Reiter, 2008: 210). Ether dengesi, bu adrese ait Wei sayısıdır (Wei, Etherin en küçük kısmını temsil eder, bir Ether – ETH, 10¹⁸ Wei'ye eşittir). Ether işlem ücretlerini ödemek için kullanılır. Sözleşme kodu karması, bir adresin ileti çağrısı alması durumunda çalıştırılan hesabın Ethereum Sanal Makinesi (EVM) kodunun Keccak-256 karmasıdır. Depolama kökü, hesabın içeriğini temsil eden bir Merkle ağacının kök düğümünün 256 bit karmasıdır. Merkle ağaçları, Ethereum ekosistemindeki tüm (anahtar, değer) bağların depolanması için kullanılır. Blok üstbilgisi, durumu, hareketleri ve makbuzları temsil eden üç denemeden üç kök içerir (Hildenbrandt, vd., 2018: 211).

Bir Ethereum blok zinciri, bitcoin blok zincirine benzer. Temel fark, Ethereum bloklarının sadece blok numarası, zorluk, nonce vb. içermemesidir. Ancak aynı zamanda işlem listesi ve en son durum, işlem listesindeki her işlem için önceki durum uygulanarak yeni durum oluşturulur. Ethereum bu blok zinciri blok başlığı doğrulama amacıyla üst bloğun header blok madencilik ücreti alıcının adresini, devlet, hareket, ve makbuzlar çalışır köklerinin sağlamalarının, zorluk, mevcut gaz sınırı, blok işlemlerinde kullanılan toplam gaz gösteren bir sayı, zaman damgası ve birkaç ekstra sağlamalarıyla Keccak 256-bit hash oluşur (Sajana, vd., 2018: 2966). Bitcoin ağının en büyük sorunlarından biri ASIC madenciliğine uygunludur. Ethereum, bellek açısından ağır olan ve dolayısıyla ASIC madenciliği için daha az uygun olan proof-of-work algoritması olarak Ethash kullanır. Ethereum ağındaki her

düğüm EVM altında çalışır ve talimatlarını yürütür. Akıllı sözleşmeler EVM koduna çevrilir ve daha sonra düğümler tarafından yürütülür (Rouhani ve Deters, 2017: 72).

2.7.3. Hyperledger

Hyperledger diğer kripto paralardan ve blok zincir teknolojisinden farklı değerlendirilmektedir. Bunun nedeni ise diğerlerinin kendi para birimlerini içermesi ancak hyperledger'de bir para biriminin olmamasıdır. Ancak gerekli durumlarda kişilerin para birimi oluşturma seçenekleri bulunmaktadır. Hyperledger, blok zincir teknolojisinin iş ihtiyaçlarına uyacak şekilde kullanmayı amaçlayan açık kaynaklı bir platform olma amacıyla kurulmuştur. 2015 yılında Dijital Varlık ve IBM tarafından bir hackathon sonucu bulunmuştur ve açık kaynak blok zinciri olarak başlamıştır. Birden fazla takılabilir modülden oluşan hyperledger, genişletilmiş ve tüm projenin bir blok zincir performansını ve güvenliğini arttırmak için iş ihtiyaçlarına uygun olarak, kendi benzersiz platformuna sahiptir (Dhillon ve Metcalft, 2017: 141).

Modüler mimari, blok zincirinin fikir birliği mekanizması gibi şeyleri ayarlamasına, depolamayı yönetmesine, kimlikler için hizmetler ayarlamasına, belirlediğiniz kimlikler için izinler ayarlanmasına ve akıllı sözleşmeler oluşturulmasına olanak tanır; Hyperledger Fabric'te akıllı sözleşmelere zincir kodu denir. Programlama dilleri açısından Hyperledger'in zincir kodu Go (Golang) dilinde yazılmıştır; ancak JavaScript'i Hyperledger Composer aracılığıyla kullanabilmektedir. Zincir kodu daha sonra iş mantığını uygulamak ve otomatikleştirmek için kullanılabilir. Hyperledger, Linux Vakfı tarafından barındırılıyor ve benimsenmesi açısından IBM, Intel ve SAP gibi büyük kurumsal şirketler tarafından destekleniyor ve Oracle, Accenture, Ulusal Emlakçılar Birliği, Deutsche Borse Group, Sony Global Education ve diğerleri tarafından uygulanmaktadır (Ampel, vd., 2019: 61). Hyperledger konsensüs mekanizması, düğüm ağının bir no-op (konsensüs yok) mekanizması ile Pratik Bizans Hata Toleransı (PBFT) adı verilen bir anlaşma protokolü arasında seçim yapmasına izin verir. PBFT konsensüsü, düğümlere tam kontrol sağlayarak iki veya daha fazla düğümün aynı fikirde olmasını sağlar. Bu, ağdaki diğer düğümlerin bir bloğu zorlamasını engeller; bu, PoW'un madencilik saldırıları için yüzde 51 potansiyelinde gördüğünüz gibi potansiyel çift harcama

saldırılarını önleyebilir. Hyperledger konsensüs mekanizması üzerinde denetim sağlar ve işlemlere erişimi kısıtlayabilir. Bu, bir blok üzerinde anlaşmaya ihtiyaç duyan daha az düğüm bulunduğundan, daha iyi performans ve ölçeklenebilirlik ile sonuçlanır. Ayrıca, PBFT işletmelerin blok zincir kullanımında tam bir şeffaflık sağlanması için tam bir gizlilik sağlar (Sajana, vd., 2018: 2967).

Bu durumla daha çok Fonlar ve çoğunlukla güvenilir olmayan üyeler ile ilgilenmektedir. Çünkü blok zincirlerin işlemleri ve ağ verileri üzerinde genellikle şeffaflık sağlamak üzerinde durulmaktadır. Ancak, bu da kurallar kümesi ile sınırlı olarak kontrol edilmesine ve çok ağ değiştirebilmesine neden olur. Hyperledger kendi para birimi tarafından desteklenmez ve daha ayrıntılı denetim sağlar. Hyperledger projesi, geliştiricilerin blok zincirinin fikir birliği mekanizmasından üyelere sınırlı veri sağlayan web ara yüzü kimliğinin izinlerine kadar mümkün olduğunca özelleştirmelerini sağlamak amacıyla temel bir işlevsellik oluşturmuştur. Bu modüler mimari yaklaşım, geliştiricilerin tam iş ihtiyaçlarına uyacak şekilde özelleştirilmiş ve kişiselleştirilmiş blok zincirler oluşturmaya olanak tanır (Bhuvana ve Aithal, 2020: 97).

2.7.4. Microsoft Azure

Microsoft Azure, Microsoft'un bulut bilişim hizmetleri için kapsamlı bir marka adıdır. Genellikle bulut bilişimin temel öğelerini oluşturan geniş ve hala büyüyen bir hizmet yelpazesini kapsar. Azure, 2008'de Windows Azure olarak tanıtılmıştır. Microsoft, 2008'den önce öncelikle Business Productivity Online Standard Suite (BPOS) olarak bilinen başka bir bulut hizmetine odaklanmıştır. Bu bulut sistemi ise Exchange 2007, Microsoft Office SharePoint Server 2007, Office Communications Online ve Microsoft'tan oluşmuştur. 2011'de ise Microsoft, BPOS'u Office 365 olarak yeniden markalaştırmıştır. Office 365, müşterilere Microsoft'un en iyi üretkenlik araçlarına erişim sağlayan bir hizmet yazılımıdır (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018: 60).

Office 365'in piyasaya sürülmesinden kısa bir süre sonra Microsoft, devlet kurumlarına özgü özel gereksinimlerin olduğunu fark etmiştir. Bu başlangıçta en çok Amerika Birleşik Devletleri federal hükümeti için geçerlidir ve federal hükümetle

etkileşime giren ve verileri paylaşan ABD eyalet ve yerel yönetimlerine uzanmaktadır. Bu nedenle, Office 365 Hükümet Topluluğu Bulutu'nun (GCC) piyasaya sürülmesine yol açan ve yalnızca ABD hükümetine yönelik bir bulut kavramı tasarlanmıştır. Office 365 GCC modeli altındaki müşteriler ABD federal, eyalet veya yerel yönetim kuruluşlarıdır (Copeland, vd., 2015: 9). Bugün, ABD dışındaki hükümetler için ayrı GCC'ler vardır. Office 365 gibi Azure de başlangıçta genel bir bulut platformu olarak piyasaya sürülmüştür; ancak Ekim 2014'te, GCC'ye eşdeğer devlet sürümü olan Microsoft Azure Government, belirli sayıda erken devlet müşterisi için yumuşak bir şekilde piyasaya sürülmüştür. 9 Aralık 2014'te Microsoft, Azure Government'ın genel kullanılabilirliğini herkese açık olarak duyurdu. Azure'daki tüm yetenekler ve hizmetler Azure Government'da mevcut olmasa da bir yeteneğin ne zaman kullanıma sunulacağını belirlemek için bir yol haritası mevcuttur (Karahana ve Tüfekçi, 2020: 490).

Bu sistem herhangi bir kuruluşun yüksek derecede kullanılabilirlik ve esneklik elde etmesini sağlamaktadır. Buna ek olarak bulut bilişim sisteminin esnek bir yapıya sahip olması müşterilere yalnızca gerçek zamanlı olarak ölçeklendirme olanağı sağlamakla kalmaz aynı zamanda hizmetlere ihtiyaç duyulmadığında da ölçeklendirme olanağı sağlamaktadır. Bu sayede Microsoft, bulut bilişim hizmetlerinin en kapsamlı sağlayıcılarından biri haline gelir (Benli ve Vatan, 2018: 58).

2.7.5. Ripple

Ripple, Bitcoin'den tamamen bağımsız olarak gelişen bir ödeme sistemi ve dijital para birimidir. Ripple, Bitcoin'den sonra en yüksek piyasa değerine sahip para birimlerinden birisi olmasına karşılık, literatürde bunun üzerine var olan çalışma sayısı çok azdır. XRP, Ripple Labs tarafından geliştirilen ürünler için var olan bir kripto para birimini ifade etmektedir. Bu şekliyle ripple, kendisini küresel bir ödeme ağı olarak tanımlamakta ve müşterileri arasında büyük bankaları bulundurmakta ve finansal hizmetler sunmaktadır (Armknicht, 2015: 172). XRP, farklı para birimleri arasında hızlı dönüşümü kolaylaştırmak için kullanılmaktadır. Ripple ağı, blok zinciri madenciliği konseptini kullanmak yerine, katılımcı

düğümünün bir işlemin gerçekliğini bir anket yaparak doğruladığı işlemleri doğrulamak üzere benzersiz bir dağıtılmış fikir birliği mekanizması kullanır. Bu, merkezi bir otorite olmadan neredeyse anında onaylar sağlar. Sonuç, XRP'nin merkeziyetsiz kalması ve birçok rakibinden daha hızlı ve daha güvenilir olmasıdır. Aynı zamanda XRP konsensüs sisteminin, enerji gideri çok olarak kabul edilen Bitcoin ile karşılaştırıldığında ihmal edilebilir miktarda enerji tükettiği anlamına gelmektedir (Rella, 2020: 239).

Kripto para biriminde kullanılan madenciliğin belli bir noktada karmaşık bir sisteme sahip olması ve kullanım yoğunluğu barındırması nedeniyle, bitcoinde gerçekleşen işlemler zaman zaman birkaç dakika sürebilmekte ve yüksek işlem maliyetlerinin var olmasına neden olmaktadır. Buna karşılık XRP işlemleri çok kısa saniyelerde onaylanmaktadır ve işlem maliyetleri düşüktür (Dierksmeier, 2018: 129).

Ripple çalışma yapısı itibarıyla daha az karmaşık bir özellik göstermektedir ve aynı zamanda daha düşük işlem süresiyle, daha düşük bir ücret sistemine dayalıdır. Tüm bu hali ile bitcoinden daha avantajlı olmasına karşılık, bitcoin herhangi bir hükümet ya da otoriteye bağlı olmaz ancak ripple için bu durum geçerli değildir. Ripple ağı, sistemi gereği ademi merkeziyetçi bir özellik gösterir ancak aynı ismi kullanan özel bir şirkete sahip olmasıyla ve bu şirket tarafından işletilmesiyle bitcoinden ayrılmaktadır (Celeste ve Corbet, 2020: 315).

2.7.6. Corda

Corda vizyonu uygulamak üzere tasarlanmış finansal anlaşmaların kaydedilmesi ve işlenmesi için kurulmuş olan dağıtılmış bir defter platformudur. Akıllı sözleşme, hem insan girdisi ve kontrolü ile çalışan bilgisayar koduyla yürütülebilen hem de yasal düzyazıda ifade edildiği gibi hak ve yükümlülükleri yasal olarak uygulanabilir olan bir sözleşmedir. Akıllı sözleşme, platformdaki finansal anlaşmaların hukuka sıkı sıkıya bağlı olmasını ve uygulanabilmesini ve belirsizlik veya anlaşmazlık durumunda izlenecek açık bir yolun olmasını sağlamak için iş mantığını ve iş verilerini ilişkili yasal düzyazıya bağlar (Brown, 2016: 6).

Corda, finansal kurumların kullanımı konusunda uzmanlaşmıştır ve blok zincir sistemlerinden büyük ölçüde esinlenmiştir. Corda, bu kilit faaliyetlerle akıllı

sözleşmeler yürütmek için bir çerçeve sağlamaktadır. Sahip olduğu özellikler şu şekilde ifade edilmektedir: (Benji ve Sindhu, 2019: 181)

- Finansal anlaşmaların ve diğer sözleşmelerin evrimini kaydetmek ve yönetmek; iki veya daha fazla tanımlanabilir taraf arasında paylaşılan veriler, mevcut yasal yapılara dayanan, mevcut ve gelişmekte olan düzenlemelerle uyumlu.
- Merkezi kontrolörü olmayan firmalar arasındaki iş akışının koreografisini yapmak.
- Firmalar arasında küresel bir sistem değil, bireysel anlaşmalar düzeyinde mutabakatın desteklenmesi.
- Düzenleyici, denetleyici ve gözlemci düğümlerin dahil edilmesini desteklemek.
- İşlemlerin yalnızca işlemin tarafları arasında doğrulanması.
- Çeşitli fikir birliği mekanizmalarının desteklenmesi.
- Endüstri standardı araçlarını kullanma.
- Bir sözleşme kapsamındaki verilere yalnızca açıkça hak sahibi veya mantıksal olarak ayrıcalıklı olan kişilerle erişimin kısıtlanması.

Bu model bazı temel kavramları da içermektedir ve bu kavramlar araştırmacılar tarafından detaylı bir şekilde incelenmektedir. Birinci temel kavram makine tarafından okunabilir Sözleşme Koduna tabi iki veya daha fazla taraf arasındaki anlaşmayı temsil eden devlet nesnelerini içermektedir. Bu kod, insan tarafından okunabilir ve Yasal Düzyazının bölümlerine atıfta bulunur ve uygulanması amaçlanmıştır. İkinci temel kavram, durum nesnelerini bir yaşam döngüsü boyunca geçiren işlemler olarak ifade edilmektedir. Temel kavramlardan üçüncüsü araştırmacılar tarafından tarafların merkezi bir denetleyici olmadan eylemleri koordine etmelerini sağlayan İşlem Protokolleri veya İş Akışı ilkeleri ile açıklanmaktadır (Valenta ve Sandner, 2017: 32). Sistemin temelindeki işleyiş biçiminde determinizm en üst düzeye çıkarılır ve izin verilen programlama tekniklerinin evrenini seçici ve kararlı bir şekilde kısıtlayarak paylaşılan durum miktarı en aza indirilir. Durum nesnelerinin (veriler), Sözleşme Kodunun (izin verilen işlemler), İşlem Protokollerinin (iş mantığı koreografisi), gerekli API'lerin, cüzdan eklentilerinin ve UI bileşenlerinin birleşimi Paylaşılan Bir Defter uygulaması veya Corda Dağıtılmış Uygulaması (“cordapp”) olarak düşünülebilir. Bu,

platformdaki bir sözleşme geliştiricisinin inşa etmeyi beklemesi gereken temel bileşenler kümesidir (Benji ve Sindhu, 2019: 184).

2.8. BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNDE AKILLI SÖZLEŞMELER

Blok zincir uygulama örnekleri incelenirken akıllı sözleşmelerden bahsedilmiştir. Ancak bu kavram ile ilgili detaylı bir inceleme söz konusu olmamıştır. Bu nedenle araştırmanın bu bölümünde blok zincir teknolojisinde yer alan akıllı sözleşmelerle ilgili detaylı bir inceleme gerçekleştirilecektir.

2.8.1. Akıllı Sözleşmelerin Çalışma Prensibi

Nick Szabo bu konsepti 1994 yılında tanıtmış ve bir akıllı sözleşmeyi “sözleşmenin şartlarını yerine getiren bilgisayarlı bir işlem protokolü” olarak tanımlamıştır. İşlem yapan taraflar arasında güvenilir araçlara olan ihtiyacı ve kötü amaçlı veya tesadüfi istisnaların oluşmasını en aza indirmek için bunları kendi kendine uygulayabilecek mülkiyete (donanım veya yazılım) gömmek olarak ifade edilmiştir. Blok zincir bağlamında, akıllı sözleşmeler blok zincirinde depolanan komut dosyalarıdır. Yani; ilişkisel veri tabanı yönetim sistemlerinde saklı yordamlara kabaca benzer oldukları düşünülebilir (Mik, 2017: 287). Zincir üzerinde bulundukları için benzersiz bir adresleri vardır. Bir işlemi ele alarak akıllı bir sözleşme tetiklenir. Daha sonra, tetikleme işlemine dahil edilen verilere göre, ağdaki her düğümde bağımsız ve otomatik olarak öngörülen şekilde yürütülür. Bu, akıllı sözleşmeli blok zincirindeki her düğümün bir sanal makine (VM) çalıştırdığını ve blok zincir ağının dağıtılmış bir sanal makine gibi davrandığını gösterir. Akıllı sözleşmeler, zincir üzerinde genel amaçlı hesaplamalar yapmamızı sağlar. Bu durumun nasıl çalıştığını ifade etmek için bir örnek üzerinden ilerlemek araştırmacılar tarafından daha çok tercih edilen bir yoldur. Bu nedenle akıllı sözleşmelerin çalışma prensibini ifade etmek amacıyla örneklendirme yapılacaktır (Shermin, 2017: 503). Buna göre:

A, B ve C kişinin katıldığı ve dijital varlıkların bulunduğu bir blok zincir ağı bulunmaktadır ve Tip X ve Y takas edilmektedir. B kişisi, ağdakilere aşağıdakileri tanımlamakta olan bir akıllı sözleşme dağıtır;

1. X birimlerini sözleşmeye yatırmasına izin veren bir “para yatırma” işlevi,
2. Aldığı her 5 birim Y için 1 birim X'i (sözleşmenin kendi mevduatından) geri gönderen bir "ticaret" işlevi ve
3. B kişinin sözleşmenin sahip olduğu tüm varlıkları geri çekmesine izin veren bir “geri çekme” işlevi.

“Para yatırma” ve “para çekme” işlevlerinin, yalnızca B kişinin anahtarı aracılığıyla onları arayabileceği şekilde yazılmaktadır. Çünkü B kişinin karar verdiği şey budur ve örneğimiz için mantıklı olan da budur; Ağdaki herhangi bir kullanıcı tarafından başarılı bir şekilde çağrılabilmesi için yazılmış olabilirler. B kişisi, bu akıllı sözleşmenin adresine bir işlem gönderir "para yatırma" işlevini çağırır ve 3 birim X'i sözleşmeye taşır. Bu işlem blok zincirine kaydedilir. 12 Birim Y'ye sahip olan A kişisi daha sonra 10 birim Y'yi sözleşmenin “ticaret” işlevine taşıyan bir işlem gönderir ve 2 birim X'i geri alır. Bu işlem aynı zamanda blok zincirine de kaydedilir. B kişisi daha sonra sözleşmenin “para çekme” işlevine imzalı bir işlem gönderir. Sözleşme, para çekme işleminin sözleşmenin sahibi tarafından başlatıldığından emin olmak için imzayı kontrol eder ve tüm mevduatlarını (1 birim X ve 10 birim Y) B'ye geri aktarır.

Örnekte de ele alınan şekli ile akıllı sözleşmelerin çalışma şekliyle ilgili genel bilgiler şu şekilde sıralanmaktadır: (Christidis ve Devetsikiotis, 2016: 2296)

1. Sözleşmelerin kendi devleti vardır ve blok zincirindeki varlıklar üzerinde velayet alabilir.
2. Sözleşme, iş mantığını ifade etmeyi sağlamaktadır.
3. Akıllı sözleşmeler her bilgiyi açıklama fikri ile yazılmaktadırlar. Bu noktada olası sonuçların da yazılması beklenen bir durum olarak ifade edilir.
4. Akıllı sözleşme, adresine gönderilen mesajlar ve işlemler tarafından tetiklenmektedir.
5. Akıllı sözleşme determinizm anlayışına dayalı olarak ilerler. Bu aynı girdinin her zaman aynı çıktıyı üretmesi anlamına gelmektedir.
6. Blok zincirinde bir akıllı sözleşme bulunur ve bu nedenle kodu her ağ katılımcısı tarafından denetlenebilir.

2.8.2. Akıllı Sözleşmelerin Güçlü ve Zayıf Yanları

Sözleşmenin işlenmesi için tarafların blok zincirindeki uygulamalarında işlemleri imzalarken kullandıkları elektronik imza teknolojilerini uygulamaları gerekmektedir. Akıllı sözleşmenin verimli çalışabilmesi ve sözleşmenin yürütülmesi için tam olarak belirtilen koşullar gereklidir, aksi takdirde süreci otomatikleştirmek imkânsız bir noktaya gelmektedir. Akıllı sözleşmelerin nasıl çalıştığının temel prensibi, öngörülen koşulların yerine getirilmesinin doğruluğu ve bu sürecin tam otomasyonudur. Ancak elbette en iyi uygulamalar, akıllı sözleşme fikirlerinin hem avantajları hem de dezavantajları olduğunu göstermektedir. Bunlar araştırmada güçlü ve zayıf yönler olarak ifade edilecektir.

Akıllı sözleşmelerin güçlü yönleri şunlardır:

- Blok zincir teknolojisinde merkezi olmayan veri depolama sistemi tarafından sağlanan güvenilirlik ve değişmezlik,
- Sistemdeki blok zincirler üzerindeki akıllı sözleşmelerdeki eylemlerin şeffaflığı ve sözleşmenin taraflarının gizliliği,
- Akıllı sözleşme işlerinin otomasyonu,
- Bürokratik mekanizmalar yerine blok zincir uygulamalarında matematiksel algoritmaların kullanılması sayesinde yüksek yürütme hızı (Bennett ve Miller, 2021: 222).

Akıllı sözleşmelerin zayıf yönleri şunlardır:

- Akıllı sözleşmelerin zayıf yasal düzenlemesi,
- Blok zincir teknolojisinde işlem işleme hızı ve ölçeklenebilirlik konusunu ele alma gerekliliği,
- Akıllı sözleşmelerin işleyişini ayarlayamama,
- Programcılara yüksek bağımlılık ve hatalara maruz kalma (Allam, 2018: 144).

2.8.3. Akıllı Sözleşmelerin Tedarik Zinciri Yönetimine Faydaları

Tedarik zinciri için akıllı sözleşmeler, blok zincirde yer alan bir kod olarak ifade edilir. Bu akıllı sözleşme, tedarik zinciri tarafları arasında yer alan ilişkiler hakkında hemen her şeyin tanımlanmasını içeren özelliğe sahip olmasıyla belirli

faydalar sağlamaktadır. Örneğin tedarik zinciri katılımcılarından biri olarak ifade edilen perakendecinin, akıllı sözleşme sayesinde cezaların ve ikramiye maddelerinin neler olduğu ya da faturaların kapatılması için gerekli olan ödeme koşullarını belirtmesini sağlamaktadır.

Akıllı sözleşmelerin tedarik zinciri yönetimine faydalarını inceleyen çalışmalarda ifade edilen ortak yanlar şu şekilde ifade edilir (De Giovanni, 2020: 13; Omar, vd., 2020: 182709).

1. Sistem sanal bir yapı üzerinden ilerlediği için büyük miktartlı kağıtların uzun bir zaman dilimini alacak şekilde gönderilmesine gerek duyulmamaktadır.
2. Akıllı sözleşmelerle tüm değişikliklerin eksiksiz bir şekilde denetimine dair kişiler izne sahip oldukları için dolandırıcılık durumu ortadan kalkmaktadır.
3. Akıllı sözleşmeler, blok zinciri teknolojisi sayesinde taraflara sunulduğu için erişilebilirliğe dair var olan sorunlar da ortadan kalkmaktadır.
4. Siparişin kabulü, ödemenin yapılması ve herkes tarafından üzerine anlaşılmış olan standartlarda çalışma imkânı sağlamasıyla akıllı sözleşmeler, işlem sürelerini büyük bir oranda azaltmaktadır.
5. Hammadde, ek parçalar ya da tükenmiş olan ürünler ve bunların işlenmesini sağlayan tedarik zinciri şirketlerine ve katılımcılarına dair izlenebilirlik sağlar.
6. Yeniden çalışma ve sözleşme yapma gibi durumların ortadan kaldırılması sayesinde verimli bir tedarik süreci meydana getirir.

2.9. AKILLI SÖZLEŞMELERDE KULLANILAN BLOK ZİNCİR EKOSİSTEMLERİ

Kısmen izin gerektirmeyen blok zinciri ağına örnek olarak farklı amaçlar için kullanılan Hyperledger Fabric ve Ethereum Blockchain ağları ile bu ağlar üzerinde çalışan akıllı sözleşmeler gösterilebilir. Ethereum ağına girmek izne tabi değildir ancak akıllı sözleşmelerin tetiklediği işlem süreçlerine dahil olmak izin gerektir. Blok zinciri bağlamında, akıllı sözleşmeler “eğer ve sonra” (bir işlem gerekli kuralı sağladığında diğer işlemin gerçekleşmesi) temelinde çalışan komut dosyalarıdır. Bu nedenle blok zinciri, her defasında sözleşmede bir sonraki adıma geçilmesine izin verilip verilmeyeceğini kontrol eder (Aktaş, 2018: 25).

Akıllı sözleşmelerde kullanılan blok zincir ekosistemleri çeşitlilik gösterir. Araştırmanın bu kısmında bu ekosistemler üzerine incelemede bulunulacaktır.

2.9.1. Ethereum

Ethereum tabanlı bir akıllı sözleşme, bilgileri depolayan, girdileri işleyen, çıktıları yazan ve yalnızca önceden tanımlanmış belirli koşullar yerine getirildiğinde dışarıdan erişilebilen bir şifreleme kutusudur. Uygulamada, Ethereum bu tür akıllı sözleşmelerin kolayca uygulanmasına izin verir. Bu sözleşmeler, Turing'in eksiksiz bir operasyon setini içeren bir kod içerir. Bu kod, akıllı sözleşmenin bir işlevi çağırıldıktan sonra Ethereum Ağı tarafından yürütülür. Böyle bir hesaplama çeşitli sonuçlara yol açabilir: sözleşme durumunda değişiklik ve sözleşme sonucu iade etme ve parasal değeri devretme. Kullanıcılar, böyle bir anahtara sahip olan herkesin, kişisel finansal bilgileri kaydetmeden veya ifşa etmeden uygulamaya katılmasına izin veren Ethereum ortak anahtarı ile tanımlanır. Örneğin bir kira sözleşmesinin tüm detaylarına halka açık Ethereum blok zincirinde erişilebilir ve belirtildiği şekilde yürütülür. Kiralama şartları ve koşulları, kayıt işlemi sırasında bir nesnenin sahibi tarafından belirlenir. Nesneler, akıllı sözleşmedeki bir anahtara başvuran bir QR kodu taranarak tanımlanır (Bogner, vd., 2016: 177).

Akıllı sözleşme, akıllı sözleşmenin kendisini oluşturan, yeni nesneler kaydeden ve cihazları kiralayan ve bunları geri alan sistem içindeki dört temel işlevi tanımlar. Kurucu, akıllı sözleşmeyi tanımlayan işlem tarafından yürütülür. Bu işlemin göndereni akıllı sözleşmenin sahibi olur. Sözleşme, nesneler adlı bir anahtar değer deposu tutar. Kayıt Nesnesi işlevini çağırmak için, değer ilgili özelliklerine sahip bir nesne olan (açıklama, günlük kiralama fiyatı, vadesi gelen depozito) ve anahtarın QR kodunda bulunan sayısal kimliğin olduğu yeni bir anahtar değer çifti ekler. Nesneyi geri al işlevi yalnızca sözleşme sahibi tarafından tetiklenebilir. Kiralanan bir nesneyi sahibine geri atar, kira ücretini hesaplar (önceki adımdaki zaman damgasına göre) ve kira ücretini sahibine ve kalan depozitoyu (kira ücretinden daha az) kiracıya geri gönderir (Tikhomirov, 2018: 13).

2.9.2. Neo

NEO topluluğu geliştiriciler için GAS ödemesi sunduğundan beri, NEO'da kullanılan konsensüs mekanizmasının karmaşık hatalarına toleranslı olduğu ve bunun enerji tüketiminde iş kanıtından daha verimli olduğunun vurgulandığı bildirilmiştir. NEO platformunda akıllı sözleşme, güvenilir bir aracı olmadan iki veya daha fazla taraf arasındaki anlaşmaları otomatik olarak uygulayan bir dizi kodlama satırından oluşur. Akıllı sözleşmelere katılan taraflar, dağıtılmış bir ağın düğümlerine uygun işlemler göndererek sözleşme koşullarını talep eder. Bu düğümler, tüm işlemlerin geçmişini toplu olarak blok zinciri adı verilen genel bir defterde saklar. Blok zincirindeki işlem sırası, her sözleşmenin durumunu ve buna bağlı olarak her kullanıcının varlıklarını belirler (Smith ve Glauber, 2012: 377).

Ethereum, geliştirici topluluğuna akıllı sözleşmeyi blok zincirine dağıtmak için iyi bir maliyet sunarken; NEO, 10 gas'tan daha az olan işlemler işleyen müşteriler için herhangi bir ücret talep etmemektedir. Uzun vadeli gelişmeler ve sürdürülebilirlikteki bu özellik, ekonomilerin az gelişmiş olduğu kırsal alanlardaki kullanıcıların gelişmiş ve teknolojik uygulamalara kolay erişim sağlamasına yardımcı olmaktadır. NEO akıllı sözleşme, geliştiricilerin akıllı sözleşme oluşturmak için Python veya NET dillerini veya Java dillerini kullanmasını gerektirir (Nyguyen, vd., 2019: 3).

2.9.3. Stratis

Stratis, Microsoft'un .Net framework altında C # dilinde geliştirilmiştir ve C # dilinde yazma deneyimi olan geliştiricileri cezbetmektedir. Doğrulayıcılar Strat paralarını yazılım cüzdanlarında tutarlar ve blokları doğrulayarak mevcut paraları yatırdıkça daha fazla Strat tarafından ödüllendirilirler.

Stratis esas olarak işletmelere yöneliktir. Akıllı sözleşmeler, bir blok zincirinin işlevselliğini genişletir ve fonların gönderilmesi ve verilerin depolanması yoluyla karmaşık finansal etkileşimlerin haritasını çıkarmasına izin verir. Ancak akıllı sözleşmelerin kullanımı finansal etkileşimlerle sınırlı değildir. Birçok noktada kullanım alanına sahip olmuştur (Dwivedi, vd., 2019: 5).

Stratis akıllı sözleşmelerin çalışması için “gas (gaz)” gerekir. Ne kadar gasa ihtiyaç duydukları ne kadar talimat içerdikleri ile ilgilidir. Gaz, işlem ücretlerine ek bir harcamadır. Örneğin, bir akıllı sözleşmeye para gönderirseniz, akıllı sözleşmede çağırdığınız herhangi bir yöntem için normal işlem ücretlerinin ve gazdaki maliyetinin ödenmesi gerekir (Froehler, 2017: 2316).

2.9.4. Lisk

Lisk'teki akıllı sözleşmelerin, geliştiricilerin uyması gereken “kuralları” vardır, aksi takdirde fikir birliğini bozma riski vardır. Lisk, çoğu blok zincirle ilgili sorunu ortadan kaldıran yan zincirlere izin verir, yani diğerlerine kıyasla daha ölçeklenebilir bir yapıdadır. Yan zincirler, birincil blok zincirdeki dağılımı ortadan kaldırır, ancak ek denetim ve düşük merkezi gözetim sorunları da vardır. Lisk'in akıllı sözleşme dili %100 javascript'e dayanmaktadır. JS dünya çapında yüksek oranda kullanıldığı için Lisk'in benimsenmesi için büyük bir potansiyeli vardır. Aynı zamanda kendi para birimi vardır ve hisselerin ispatı için bir uzlaşma mekanizması bulunmaktadır. Piyasada nispeten yeni olmasından dolayı şu anda geliştiricilerden ve uygulamalardan yoksun bir durumda görülmesine rağmen yüksek potansiyele sahip bir akıllı sözleşme platformudur (Sharma, 2018: 5).

2.10. BLOK ZİNCİRİ İLE BİRLİKTE KULLANILABİLEN DİĞER TEKNOLOJİLER

Blok zincirle birlikte kullanılmakta olan birden fazla teknoloji bulunmakta ve bu alandaki çalışmalar giderek artmaya devam etmektedir. Araştırmanın bu kısmında blok zincir ile birlikte kullanılan diğer teknolojiler olarak IoT ve RFID (Radio Frequency IDentification) üzerine araştırma yapılacaktır.

2.10.1 IoT

2.10.1.1. IoT ve Blok Zinciri Teknolojilerinin Entegre Kullanımı

Bağlı cihazlardaki üstel artış yerleşik algılama, işleme ve iletişim yetenekleri, cihazdan cihaza etkileşimler için yeni ekosistemler yaratan, akıllı ortamları destekleyen ve yeni iş modellerine yol açan IoT uygulamalarının geliştirilmesini hızlandırmıştır. Bu yeteneklerden güç alan IoT cihazları veri toplamak, işlemek ve paylaşmak için birbirleriyle ve çevreleriyle etkileşime girmektedir. Verilerin güvenliği, gizliliği ve güvenilirliği IoT uygulamalarının geliştirilmesi için ele alınması gereken önemli kaygılar arasında yer almaktadır. Son zamanlarda, blok zincir teknolojisi, verilerin güvenliğini, gizliliğini ve güvenilirliğini artırma potansiyeli nedeniyle araştırmacıların ve endüstri liderlerinin önemli ilgisini çekmiştir (Dedeoğlu, vd., 2019: 67).

Blok zincir tabanlı bir IoT uygulamasında blok zinciri, IoT cihaz iletişimi, IoT cihaz erişimi ve kontrolü, dijital varlık oluşturma, dijital varlıkların ağ katılımcıları arasında aktarılması ve tüm bu faaliyetlerin değişmez ve dağıtılmış bir deftere kaydedilmesi için bir platform işlevi görebilir. Dağıtılmış defter, ağdaki kaydedilmiş etkinliklerin 3.taraf işlemlere karşı korunmasını sağlamaktadır. Blok zinciri teknolojisi, güvenilmeyen ağ katılımcıları arasındaki işlemler için aracılara olan ihtiyacı da ortadan kaldırmaktadır. Geleneksel blok zincir yapılarına alternatif olarak, diğer dağıtılmış defter teknolojileri, IoT uygulamaları için de önerilmiştir. Örneğin IOTA, yönlendirmeye dayalı dağıtılmış bir defter teknolojisidir (Cachin, 2016: 13). Blok zincirin sahip olduğu işlemlerin her birini kayıt altına tutma ve bunların değiştirilemez, dışarıdan bir ekiye maruz kalmaz özelliği sayesinde IoT sistemi için ihtiyaç duyulan kayıt sistemini oluşturur ve bu sayede herhangi bir otorite ihtiyacı olmadan işlemler gerçekleştirilir (Dedeoğlu, vd., 2019: 69).

2.10.1.2. IOT ve Blok Zinciri Teknolojilerinin Tedarik Zinciri Yönetiminde Kullanımı

IoT ile ilişkili nesnelerin çoğu sensör tabanlı sistemlerdir. Nesnelere veri toplayabilmesi için gerekli sensörler yerleştirilir. İzlenilmesi amaçlanan özelliği

algılama yeteneğine sahip olan sensör seçimiyle (RFID etiketleri, yakın alan iletişimi (NFC) sensörleri vb.) ilk veriler elde edilir. Bu veriler; sıcaklık, konum, ağırlık, nem, basınç, sertlik, pH değeri, karbondioksit oranı, ışık şiddeti vb. olabilir. Başlangıçta, ölçülebilir büyüklükler ham veri durumundadır. Ham veriler algılanarak analog ve sayısal sinyallere dönüştürülür. Sinyaller, kablosuz bağlantılar aracılığıyla iletilir, veri işleme merkezinde işlenir, analiz edilir ve kullanılır (Görkem ve Bozuklu, 2016: 52). İnternet erişiminin artması ve sensör teknolojisinin gelişimine ek olarak, bulut bilişim, mobil cihazların ve ağların kullanılabilirliği IoT teknolojilerinin uygulanmasında artış yaratmıştır. Bu donanımda en yaygın kullanılan kablosuz iletişim teknolojileri; mobil cep telefonu ağları, Wi-Fi, Bluetooth, GPRS olarak sıralanabilir (Keleş ve Ova, 2020: 139).

IoT teknolojisinin getirdikleri ile tedarik zinciri açısından tedarik edilecek olan nesnelerin entegre bir şekilde sağlanması ve bununla birlikte ürünlerin güvenliğinin elde edilmesi, kalite zincirinin oluşturulması, bunların takibinin ve kontrolünün her aşamada görülebilir olması gibi özelliklerdir. IoT, blok zincir ve tedarik zinciri yönetimi sayesinde aynı zamanda ürün tedarikçileri, tedariklerin elde edilmesi ve işlenmesi gibi alanlarda gereksiz kullanımların önlenmesi, ürünlerin analizlerinin sağlanması ve birçok alanda faaliyet izlenebilirliği imkanları bulmaktadır (Görkem ve Bozuklu, 2016: 54)

2.10.2. RFID

2.10.2.1. RFID ve Blok Zinciri Teknolojilerinin Tedarik Zinciri Yönetiminde Kullanımı

RFID teknolojisi kendisinden beklenen tüm yararları tedarik zinciri açısından sağlayamamıştır. Bunun temel sebebi ise öncelikle RF etiketlerinin maliyetinin düşmesine rağmen her bir ürünü etiketlemenin maliyetleri arttırmasıdır. Bir diğer neden ise; RF etiketlerinin verdiği bilgilerin doğruluk oranları hakkında bazı şüphelerin bulunmasıdır. Pazarda bulunan ticari etiketlerdeki doğruluk oranının maksimum %80 civarı olduğu bilinmektedir. Daha pahalı etiketlerde doğruluk oranı yüksektir ancak yine de doğruluk oranının %100 olup olmadığı tartışılmaktadır. Diğer bir problem ise RF etiketlerinin tam anlamıyla standartlaştırılamamış

olmasıdır. A.B.D’ de kullanılan RF etiketlerinin frekansının Avrupa ve diğer ülkelerde kullanılanlardan farklı olması okuyucuların etkisiz hale gelmesine neden olmaktadır (Çalık, 2020:23).

Ancak RFID teknolojisinin blok zincir ile birlikte kullanılması ile birlikte blok zincirinin değişmezlik özelliği sayesinde kullanıcılar arasındaki güven artmakta ve ürün bilgilerinin doğruluğu da artmaktadır. Aynı zamanda tüm verilerin tek bir platformda saklanması sayesinde kullanıcıların gerçek ve doğru bilgilere erişebilmesi sağlanmaktadır.

Tian (2016) yaptığı çalışmada gıda kalitesi ve güvenliğini takip edebilmek için blok zinciri ve RFID teknolojilerinden faydalanılabileceğini belirtmiştir. Araştırmacılar bu çalışma kapsamında gıda ürünlerinin hasatından market raflarına kadar olan sürecin RFID teknolojisi sayesinde takip edilebileceğini ve bu süreçteki tüm taşıma verilerinin blok zinciri üzerinde tutularak veri güvenliğinin sağlanabileceğini ifade etmiştir. Bu çalışmaya göre RFID ve blok zinciri teknolojilerinin tedarik zincirinde kullanılması sayesinde üreticilere, taşımacılara, perakende satıcılarına ve müşterilere gıda ürünlerinin kalite ve güvenliklerine ilişkin sorgulamalar yapabilme imkânı sağlanmıştır (Tian, 2016:4-5).

2.10.3. RFID, IoT, Blok Zinciri ve Akıllı Sözleşmelerin Tedarik Zinciri Yönetiminde Kullanımı

Varriale, vd. (2021) yaptıkları çalışmada RFID, IoT, blok zinciri ve akıllı sözleşmelerin tedarik zinciri yönetimi kapsamında entegre olarak kullanılabileceği bir senaryo üzerinde durmuşlardır. Bu senaryoya göre üreticinin deposunda ve nakliyecinin kamyonunda bulunan malların fiziksel koşullarına ilişkin verileri yakalamak için RFID sensörleri kullanılır. Malların yanına kurulan RFID sensörlerinden dağıtık deftere veri aktarmak için ise IoT altyapısı gerekmektedir. Son olarak blok zinciri, verileri güvenli ve kalıcı olarak kaydeder ve işlemlerin tedarik zinciri katılımcılarına görünürlüğünü garanti eder. Özellikle, bu senaryoda blok zincirinin kullanılması, aktarılan verilerin merkezi bir sunucu sisteminde değil, dağıtılmış bir defterde gönderilmesi sayesinde güvenli ve değişmez bir şekilde

kaydederek veri yönetiminin kritikliğini çözmektedir. Bu sayede dış etkenlerden kaynaklanan değişiklikleri de izlemek mümkün olmaktadır.

Akıllı sözleşmeler ise taraflar arasında otomatik sipariş yönetimini mümkün kılmaktadır. Akıllı sözleşmeyi başlatabilmek için alıcının sipariş talebini göndermesi gerekmektedir. Akıllı sözleşme bu işlemin ardından göndericiye ve alıcıya bir şifre sağlamaktadır. Bu şifre ise üreticiye gönderilen siparişle ilişkilendirilir ve alıcının malları alabilmesi ve taşıyıcının siparişin kilidini açabilmesi için bu şifreyi taşıyıcıya sağlaması gerekmektedir.

Bu senaryoda mallar her zaman izlenebildiği için eğer tedarik veya gönderi sürecinde bir aksama meydana gelirse tedarik zinciri katılımcılarına anında bildirilir ve mallar derhal yeni mal gönderecek olan üreticiye geri döner. Ayrıca, geleneksel tedarik zinciri yönetimi sürecinin aksine, akıllı sözleşmeler sayesinde dokümantasyon tamamen dijital formatta yapılır ve böylece evrak işlemleri, gümrük, belge yönetimi, vb. süreçler kısaltılarak zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmış olur.

Ayrıca tüm bu teknolojilerin bir arada kullanılması, sipariş yönetim birimi için zamandan tasarruf sağlar ve bir operatör tarafından gerçekleştirilen depodaki ürün pozisyonunun kontrolü, tanımlanması ve kaydı için gereken süreyi azaltır. Ayrıca sıcaklık, nem, üretim tarihi gibi diğer veriler de blok zinciri içerisinde kaydedilebilir. Bu şekilde sipariş yönetimi birimi, ürünün durumunu bilir ve malları sevk ederek alıcıya kaliteyi garanti eder. Bu nedenle üretici, bu teknolojileri kullanarak müşterilerine karşı itibarını artırabilir ve rekabet avantajı sağlayabilir (Varriale, vd., 2021:10-16)

2.11. BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Blok zinciri teknolojisinin tedarik zinciri yönetiminde uygulamalarına dair birden fazla örnek yer almaktadır. Bir önceki bölümlerde blok zincir teknolojisi ve tedarik zinciri yönetimi arasındaki ilişkinin ve işleyişin ne olduğu, avantajları gibi konular işlenmiştir. Bu kısımda tüm bunların örneklendirmesi yapılacaktır.

2.11.1. Walmart

Gıda endüstrisi ve üretim alanında yer alan Walmart, Amerika Birleşik Devletleri'ne gönderilen domuz eti ve Meksika mangolarını izlemek üzere blok zinciri ve IoT teknolojilerinin kullanıldığı bir pilot çalışma yapmak için IBM ve Tsinghua Üniversitesi ile ortaklık kurmuştur. Testlerde, gönderiler yolculuğunun başında sayısal tanımlayıcılarla etiketlenmiş, her kontrol noktasında imzalanmış ve zincire kaydedilmiştir. Bir gönderinin yolculuğu boyunca bu pilot çalışma, Walmart'ın çiftlik menşeyini, parti numarasını, fabrika ve işleme verilerini, son kullanma tarihlerini, depolama sıcaklıklarını ve nakliye ayrıntılarını izlemesine olanak tanımıştır. Geliştirilen web portalına bir gönderinin altı haneli "lot" numarasını girerek, Walmart'taki bir çalışan tüm bu bilgileri iki saniye içinde alabilir olmuştur. Walmart'ın tedarik zinciri için bu teknoloji, yalnızca ürünün nereden geldiği ve hangi yolu izlediği verilerle sadece izlenebilirlik sağlamakla kalmamış, aynı zamanda gıdanın nasıl üretildiği konusunda da şeffaflık sağlamıştır (Tan, vd., 2018: 169).

Walmart, blok zinciri teknolojisinin tedarik zinciri yönetiminde nasıl çalışabileceğini kanıtlamış olsa da uzun vadedeki zorluğu platformu ölçeklendirmektir ve bu nedenle Walmart, daha iyi bir koruma sağlamak için mevcut uyumluluk süreçlerini geliştirmeye odaklanmıştır. Örneğin Walmart, hangi ürünlerin hangi tedarikçilerden geldiğini ve bu tedarikçilerin gerekli yasal düzenlemelere ve şirket gereksinimlerine uyup uymadığını izlemek için Tedarik Zinciri Şeffaflığı projesini başlatmıştır (Wang ve Qu, 2019: 229). Walmart'ın küresel gıda tedarik zincirindeki önemli konumu göz önüne alındığında, yönetimin blok zinciri uygulamasını daha agresif bir şekilde sürdürmesini tavsiye ederim. Örneğin Walmart, tedarikçilere bu değişiklikleri kendi üretim süreçlerine uyarlamaları için tercihlili ödeme koşulları gibi finansal teşvikler sunabilir. Ek olarak Walmart bu programı, programa kaydolan bu "tercih edilen tedarikçilerin" hem mağaza içi teşhirler hem de ücretli reklamlar yoluyla vurgulandığı bir pazarlama hamlesi ile tamamlayabilir. Bu, tedarikçi ilişkilerini iyileştirerek bütünsel bir tedarik zinciri yönetimi oluşturma yanısıra, Walmart'ın sürdürülebilirliğini ve şeffaflığını çekici

bulan ek tüketiciler için de dikkat çekici bir etken olarak değerlendirilebilir (Tan, vd., 2018: 171).

2.11.2. IBM-MAERSK Ortaklığı Tradelens Platformu

Tedarik zinciri verileri her zaman görünür, erişilebilir veya güvenilir değildir. IBM, Tradelens platformu sayesinde izin verilen tedarik zinciri ortaklarının blok zincir çözümleri aracılığıyla güvenilir verileri paylaşmasına yardımcı olmaktadır. İşletmeler ve tüketiciler, markalardan ürün orijinalliğini garanti etmelerini isterken; tedarik zinciri katılımcıları, anlaşmazlıkları en aza indirmek için sorumlu kaynak kullanımı ve daha iyi izlenebilirlik ve şeffaflık talep etmektedir. Tedarik zinciri çözümleri için blok zinciri, tedarik zinciri liderlerinin bugünün aksaklıklarıyla başa çıkmak ve gelecek için dayanıklılık oluşturmak amacıyla verileri daha verimli şekilde kullanmasına yardımcı olmaktadır (Suyambu ve Anand, 2020: 155).

TradeLens erken benimseme programının bir parçası olarak, IBM ve Maersk dışında 94 kuruluşun daha açık standartlar üzerine kurulu TradeLens platformuna aktif olarak dahil olduğu veya katılmayı kabul ettiği duyurulmuştur. TradeLens, dijital tedarik zincirlerinin temeli olarak IBM Blok zincir teknolojisini kullanmaktadır ve ayrıntılardan veya gizlilikten ödün vermeden birden çok ticaret ortağının iş birliği yapmasına olanak tanımaktadır (Belu, 2020: 18). Nakliyeciler, nakliye hatları, nakliye komisyoncuları, liman ve terminal operatörleri, iç nakliye ve gümrük yetkilileri, sıcaklık kontrolünden konteyner ağırlığına kadar IoT ve sensör verileri sayesinde nakliye verilerine ve nakliye belgelerine gerçek zamanlı erişim yoluyla daha verimli bir şekilde etkileşim kurabilmiştir. Blok zincirin akıllı sözleşmelerini kullanan TradeLens, sunmuş olduğu bu avantajları sayesinde uluslararası ticarete dahil olan birden fazla taraf arasında dijital iş birliğini mümkün kılmaktadır. Bir beta program altında yayınlanan ve ClearWay adı verilen ticaret belgesi modülü, ithalatçıların/ihracatçıların, gümrük komisyoncularının, gümrük, diğer devlet kurumları ve STK'lar gibi güvenilir üçüncü tarafların tümü tarafından desteklenen çapraz organizasyon iş süreçlerinde ve bilgi alışverişinde iş birliği yapılmasını sağlamaktadır (Suyambu ve Anand, 2020: 159).

2.11.3. IBM-Food Trust

Food Trust, gıda sistemi içerisinde yer alan verilerin izinli, kalıcı ve paylaşılan bir kayıt sistemi içerisinde yer alan ve gıda arzı genelinde katılımcılarının birbirine bağlı olmasını sağlayan türünün tek örneğidir. Bu sistem blok zincirle olan ilişkisine bağlı olarak tedarik zinciri alanındaki verimliliğini arttıran, tüketim alanında var olan gereksiz kullanımların minimum seviyeye indirilmesini sağlayan ve Food Trust markasının itibarını yükselten, direkt olarak kâr haznesini arttıran bir özelliğe sahiptir (Kshetri, 2019: 65).

Blok zincir kullanımı sayesinde Food Trust önemli avantajlar elde etmiştir. Bunlar ifade edilecek olunursa şu şekilde bir liste ortaya çıkmaktadır. Bu liste Kawaguchi (2019: 145), tarafından listelenmiştir.

- Tedarik zinciri alanında verimlilik; verimlilik alanındaki hızlanmayı sağlamak için dar boğazlı bir yaklaşımı ortadan kaldırmaktadır.
- Marka güveni; güvenlik ve kalite konusunda sahip olduğu teknoloji sayesinde itibarını arttırmaktadır.
- Besin güvenliği; denetlenebilir ve kontrol edilebilir olması, şeffaf bir yapıda olması sayesinde besinler açısından güvenli bir alan sunar.
- Sürdürülebilirlik; hedef olarak belirlenmiş olan kalitenin süreklilik göstermesi ve devamlı olmasını sağlayacak olan dinamikleri görür ve bunlara yönelik raporlar oluşturur.

2.11.4. Ripe

Ripe gıda üreticileri, dağıtımıcılar ve müşteriler arasında daha fazla güven ve şeffaflık yaratmak amacıyla gıda ve tarım endüstrisi için kurumsal bir blok zincir teknolojisi sunmaktadır. Firma 2017 yılının başından itibaren gıda sektöründe tedarik zinciri şeffaflığını artırmak için çalışmaktadır. Bu durum yetiştiriciden dağıtımıcıya kadar herkesin içinde olduğu, verilere katkıda bulunduğu ve gıdanın yolculuğunu takip ettiği bir teknoloji platformu ile gerçekleştirilmektedir. Ripe'nın gıda sektörüne ilk girişi Analog Device ve Sweetgreen iş birliği ile domatesin interneti adlı ürün ile olmuştur. Domatesin interneti ile Ripe, çiftliklerden bol miktarda veri toplamak ve

daha iyi domates yetiştirmek için blok zincir teknolojisini kullanmaya başlamıştır. Çiftçilerin ve sensör makinelerinin kullanıldığı projede sıcaklık, nem ve domatesin kimyasıyla ilgili verilere kadar birçok bilgi toplanmıştır (Koç, 2020: 427).

2.12. BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİ TEDARİK ZİNCİRİ AÇISINDAN DEĞERLENDİREN ÇALIşMALAR

Bu alanda birçok araştırmacı farklı yaklaşımlardan yola çıkarak araştırmalarını gerçekteşirmiştir. Literatürde yer alan araştırmaların büyük bir kısmı daha çok teorik çerçeveyi ifade etmek amacıyla yazılmış araştırmalar olarak ele alınmıştır.

Bakan ve Şekkeli (2019) çalışmalarında blok zincir teknolojisi ve tedarik zinciri arasındaki uygulamaları ele alan çalışmalarında literatürde yer alan tezleri ve çalışmaları incelemişlerdir. Araştırmaya göre tedarik zinciri yönetim faaliyetlerine olan potansiyel etkiler hakkında literatürde yeterli düzeyde çalışmanın bulunmaması yüzünden iki konu arasındaki çalışmaların henüz yetersiz olduğunu ifade etmişlerdir.

İrak ve Topçu (2020), çalışmalarında tedarik zincirinde blok zinciri teknolojisinin uygulanmasının maliyetler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bilgilere göre blok zincir teknolojisinin tedarik zincirine az maliyetli ve verimli bir yapı kazandıracağı tespit edilmiştir.

Gerdan, Koç ve Vatandaş (2020), çalışmalarında gıda alanındaki tedarik zinciri ve blok zincir arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Buna göre araştırmadan elde edilen sonuçlar şu şekilde ifade edilmektedir: *“Blok zincir teknolojisi ile bir tarımsal ürünün üretiminden tüketiciye ve pazarlamaya kadar olan her aşaması sanal ve şeffaf bir şekilde kriptolu olarak takip edilebilmekte, hatta yüksek güvenliikli olarak ödeme de yapılabilmektedir.”* Francisco ve Swanson (2018), çalışmalarında tekstil sektöründeki tedarik zinciri ve blok zincir arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Buna göre blok zinciri, tedarik zinciri şeffaflığını yeni bir seviyeye getirebilir ancak şu anda blok zinciri teknolojilerinin akademik ve yönetsel olarak benimsenmesi sadece anlayışımızla sınırlıdır. Bu nedenle şu anda blok zincir teknolojilerinin akademik ve yönetsel olarak benimsenmesi noktasında sınırlı bir yapıya sahip olduğu ifade edilmektedir.

Özyüksel ve Ekinici (2020), tarafından yapılan çalışmada blok zincir teknolojisinin gelişimi ve çalışma prensibi detaylı olarak açıklanmış olup finansmanda kullanımı, dokümantasyon ve güvenli belge paylaşımında kullanımı gibi dış ticaret işlemlerinde kullanım etkisi örnek projeler çerçevesinde detaylıca incelenmiştir. Çalışmada bu teknolojinin birçok projede kullanılmış olduğu ve blok zincir teknolojisinin tedarik zinciri işlemlerine ilişkin maliyetleri ve zamanı ciddi bir şekilde azalttığı sonucuna varılmıştır.

Longo ve Nicoletti (2019), ise literatürde yer alan çalışmaların genelinde bu alanda çalışma sayısının fazla olmasına karşılık henüz gelişme aşamasında olduğu ve iki kavram arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla yeni çalışmaların yapılması gerektiği sonucuna varmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİNDE BLOK ZİNCİR KULLANIM
KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ VE AHP YÖNTEMİ İLE
AĞIRLIKLANDIRILMASI

Araştırma kapsamında ele alınan kapsamlı literatür incelemesinin ardından blok zincirinin tedarik zinciri yönetim süreçlerine ne gibi çözümler getirebileceği ve ne şekilde etkileyebileceğini belirlemek amacıyla çalışmalar ve araştırmalar yapılmıştır. Bu bölümde öncelikle kaynak alınacak olan kriterler mevcut literatüre atıf yapılarak ve geçmişte yapılan araştırmalara dayanarak özetlenmiş ve kategorilere ayrılmıştır. Bu kapsamda blok zinciri teknolojisinin tedarik zinciri yönetimindeki kullanım kriterlerinin belirlenebilmesi amacıyla literatür taramalarından ve bilimsel çalışmalardan faydalanılmıştır. Sonrasında çalışmaya uygun olacak şekilde araştırma metodolojisi belirlenmiştir.

Bu kapsamda araştırma kısmında izlenecek yöntemleri ve yol haritasını özetlemek gerekirse, öncelikle araştırmanın amacı, özgünlüğü ve araştırma yöntemi açıklanmıştır. Çalışmanın metodolojisi kısmında ise literatürde birden çok kriter içeren karmaşık problemlerin çözümünde alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren ve hem objektif hem de sübjektif düşüncelerin karar sürecine dahil edilebilmesine olanak sağlayarak yaygın bir şekilde kullanılan “Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)” yöntemi uygulanmıştır. AHP kapsamı içerisinde literatür taramaları neticesinde belirlenen alt kriterler, kullanım özellikleri ve avantajları bakımından kategorilere ayrıştırılarak ana kriterler belirlenmiştir. Ardından konuyla ilgili uzmanlara ve akademisyenlere danışılarak toplanan veriler kapsamında karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve ana kriterler ile alt kriterlere ait önem ağırlıkları belirlenmiştir. Son olarak, uygulanan yöntemlerden elde edilen veriler ve sonuçlar neticesinde literatüre katkı sağlaması beklenen görüşler sunulmuş ve tedarik zinciri yönetiminde blok zincir kullanım kriterlerine dair bulgulardan faydalanılarak önerilerde bulunulmuştur.

3.1. ARAŞTIRMANIN AMACI

Genel olarak araştırmanın amacını özetlemek gerekirse, internet teknolojisinin hızlı gelişimi ve kullanım alanlarının yaygınlaşmasıyla birlikte şu an yıkıcı bir teknoloji olarak adlandırılan blok zincir teknolojisi, araştırmanın literatür taraması bölümünde de aktarılmış olan mevcut tedarik zinciri yönetimindeki sorunlara çözüm teşkil eden kullanım kriterleri ve özellikleri sayesinde tedarik zinciri katılımcıları için bu sorunlara karşı bir çözüm alternatifi sunmaktadır. Konuyla ilgili mevcut uygulamalar, blok zincir teknolojisinin tedarik zinciri yönetiminde uygulanmasının tedarik zinciri yönetimindeki izlenebilirlik, şeffaflık ve bilgi paylaşımı gibi süreçlerdeki etkinliği artırdığını göstermektedir. Şu an için mevcut uygulamalar kısıtlı olmasına karşın blok zincir teknolojisinin daha fazla kullanım ve uygulama alanı bulmasıyla net sonuçlar daha verimli elde edilebilecektir. Ancak işletmelerin blok zincir teknolojisine dair bilgi eksikliklerinin olması ve teknolojinin nasıl uygulanması gerektiğine dair bir yol haritalarının bulunmaması, teknolojinin kullanım alanlarını sınırlandırmaktadır.

Blok zincir teknolojisinin tedarik zinciri yönetimindeki kullanım kriterleri sayesinde, teknolojinin uygulamaya konulduğu takdirde tedarik zincirinin ve katılımcıların performansını, dijital dönüşüm hızını ve tedarik ağındaki ilişki yönetimini iyileştirmesi beklenmektedir. Bu nedenle bu tez çalışmasının bilimsel değeri, özgünlüğü ve yeniliği bu aşamada meydana gelmektedir.

Sonuç olarak bu çalışma ile tedarik zinciri yönetiminde blok zincir kullanım kriterleri belirlenmiş, AHP yöntemi sayesinde belirlenen kriterler uzmanlar ve akademisyenler tarafından ağırlıklandırılmış ve 3 ana kriter olan performans, dijital dönüşüm ve tedarik ağında ilişki yönetimi başlıkları altında önem derecelerine göre sınıflandırılarak blok zincirin tedarik zinciri yönetimine en fazla katkı sağlayacağı düşünülen kriterler belirlenmiştir.

3.2. ARAŞTIRMANIN METODOLİJİSİ

Çalışmanın yöntem bilimi ve araştırma metodolojisi kapsamında tedarik zinciri sektörü göz önünde bulundurularak blok zincir teknolojisinin kullanılmasına

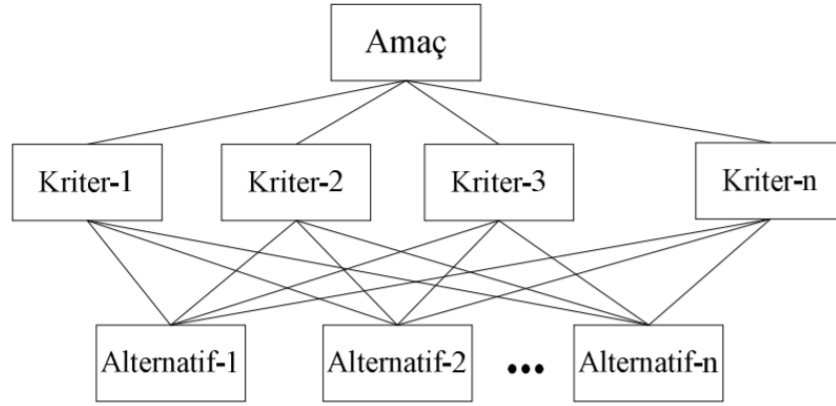
yönelik bir çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle mevcut literatür ve bilimsel çalışmalar incelenerek tedarik zinciri yönetiminde blok zincir kullanım kriterleri belirlenmiştir. Sonrasında belirlenen bu kriterler için konuyla ilgili uzmanlar ve akademisyenlerle görüşülerek AHP yönteminde kullanılmak üzere belirlenen kriterlerin ikili karşılaştırmalarından oluşan bir anket çalışması yapılmıştır. Bu anket çalışması içerisinde katılımcılardan, belirlenen kriterlerin karşılaştırılması ve önem seviyelerinin ağırlıklandırılması istenmiştir. Son olarak kriterlerin belirlenmiş olan önem seviyeleri ikili karşılaştırma matrisi içerisinde AHP yöntemi ile değerlendirilmiş, tutarlılık oranları hesaplanmış ve kriterler önem seviyelerine göre sınıflandırılarak tedarik zinciri yönetimine en fazla fayda sağlaması beklenen kriterler belirlenmiştir.

3.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemi, karar teorisinde en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. ÇKKV, çoklu karar kriterlerini değerlendirebilen, alternatifler arasından seçim yapılmasını sağlayan, alternatifleri gruplandırabilen veya sıralayabilen yöntemleri içermektedir (Atıcı ve Ulucan, 2009:162).

AHP, birden çok kriteri içeren karmaşık problemleri çözmek için kullanılan bir karar verme yöntemidir. AHP yöntemi karar vericilerin problemin ana hedefleri, kriterleri, alt kriterleri ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi göstermek için karmaşık problemleri hiyerarşik bir yapıda modellemesine olanak tanımaktadır. Analitik Hiyerarşi Sürecinin en sık kullanılan ve en büyük özelliği ise, karar verme sürecinde karar vericinin hem nesnel hem de öznel görüşlerini içerebilmesidir (Kuruüzüm ve Atsan, 2001:84-85).

Şekil 12: AHP Hiyerarşik Yapısı



(Kaynak: Supçiller ve Çapraz, 2011:7)

AHP uygulamasında yukarıdaki şekilde de gösterilmiş olan hiyerarşik modelin belirlenmesinin 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;

$$\mathbf{D} = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n}$$

Yukarıdaki eşitlikte yer alan her bir ölçütün, amaca katkısı açısından göreceli önemleri ve her bir hedefin de ölçütler yönünden üstünlükleri, uygulayıcıların yargılarına göre, ikili karşılaştırma yolu ile belirlenmektedir. Burada üstünlüklerin belirlenebilmesi için Saaty tarafından geliştirilen ve aşağıda belirtilen önem ölçeği kullanılmaktadır.

Tablo 5: AHP Önem Ölçeği

Önem Derecesi / Importance	Tanım / Definition	Açıklama / Explanation
1	Eşit Önemli / Equal Importance	İki kriter amaca eşit düzeyde katkıda bulunur. / Two elements contribute identically to the objective.
3	Birinin diğerine göre orta derecede önemli olması / Moderate Importance	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine orta derecede tercih ettirir. / Experience or judgement slightly favours one element over another.
5	Kuvvetli derecede önemli / Strong Importance	Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine kuvvetli derecede tercih ettirir. / Experience or judgement strongly favours one element over another.
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli / Demonstrated Importance	Bir kriter güçlü bir şekilde tercih edilir ve uygulamada rahatlıkla görülür. / An element's dominance is demonstrated in practice.
9	Kesin derecede önemli / Absolute Importance	Bir kriterin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir. / The evidence favouring an element over another is affirmed to the highest possible order.
2,4,6,8	Ortalama değerler / Intermediate Values	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere yukarıda listelenen yargılar arasına düşen değerler. / Further subdivision or compromise is needed.
	Ters değerler / Reciprocal of above numbers	Tersi karşılaştırmalar için / For reciprocals

(Kaynak: Saaty, 1990:15)

AHP yönteminde tüm kriterlerin önem ağırlıkları bulunur ve öncelik vektörü (w) elde edilir. Burada öncelikler vektörünün tutarlılığının test edilebilmesi için tutarlılık indeksinin bulunması gerekmektedir. Tutarlılık indeksini (CI) bulabilmek için, öncelikle ağırlıklı toplam vektörü A_{xw} 'yi hesaplamak gereklidir. Ardından matrisin en yüksek öz değeri (λ_{mak}) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır.

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

Elde edilen en yüksek öz değer, n'ye yaklaştıkça matrisin tutarlılık derecesi artmaktadır ve böylelikle $\lambda_{mak} \geq n$ şeklinde elde edilmiş olmaktadır (Saaty ve Vergas, 2011:30-34).

Ayrıca, AHP uygulamasında tutarlılık analizi yapılırken öncelikle Tutarlılık İndeksi (Consistency Index (CI)) hesaplanmalıdır. AHP analizinde elde edilen verilerin tutarlılığını gösteren tutarlılık indeksi, AHP'nin 1-9 ölçeğiyle oluşturulmuş ikili karşılaştırmalar matrisi ile elde edilen ve aşağıdaki tabloda n değerine karşılık gelen rassal indeks (RI) değerine bölünmesiyle, tutarlılık oranı (CR) hesaplanmış olur (Saaty ve Vergas, 2011:30-34).

Tablo 6: Rassallık Endeksi Verileri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

(Kaynak: Güner, 2005:42)

Tutarlılık oranı %10 veya altında hesaplanan her bir tutarlılık oranı için ikili karşılaştırmalar matrisinin tüm kriterlerindeki önem seviyesinin anlamlı olduğu kabul edilir. Tutarlılık oranı ve tutarlılık indeksine ait formüller ise aşağıda belirtilmiştir.

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

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Bu aşamalardaki işlemlerin yapılmasının ardından AHP yöntemi tamamlanmış olmakta ve kriter değerlendirmeleri için hazır bir hale gelmektedir.

3.3. UYGULAMA

3.3.1. Tedarik Zinciri Yönetiminde Blok Zincir Kullanım Kriterlerinin Belirlenmesi

Uygulamanın bu bölümünde tedarik zinciri yönetiminde blok zincir kullanım kriterlerinin belirlenebilmesi amacıyla mevcut literatür taramalarından ve bilimsel çalışmalardan faydalanılmıştır. Araştırma kapsamında ilk olarak araştırmada kullanılan tüm literatür incelenerek MAXQDA programı aracılığıyla blok zincir kullanım kriterlerine ilişkin içeriklere ait frekans analizi yapılmış ve bu kriterler aracılığıyla bir kelime bulutu oluşturulmuştur. Bu kapsamda araştırma içerisinde yararlanılmış olan tüm literatür içerisindeki blok zincir kullanım kriterlerine ilişkin içerik-frekans analizi ve kelime bulutu ise aşağıdaki tablo ve şekilde gösterilmiştir.

Tablo 7. Blok Zincir Kullanım Kriterleri Frekans Analizi

No.	Sözcük	Frekans	%	Belgeler	Belgeler %
1	information (Bilgi)	1116	0.62	46	85.19
2	data (Veri)	1059	0.59	46	85.19
3	smart (Akıllı)	670	0.37	37	68.52
4	security (Emniyetli)	427	0.24	41	75.93
5	transparency (Şeffaflık)	389	0.22	37	68.52
6	distributed (Dağıtık)	378	0.21	47	87.04
7	traceability (İzlenebilirlik)	371	0.21	33	61.11
8	trust (Güven)	364	0.20	39	72.22
9	digital (Dijital)	311	0.17	43	79.63
10	public (Halka Açık)	278	0.15	38	70.37
11	integration (Entegrasyon)	179	0.10	25	46.30
12	decentralized (Merkeziyetsiz)	169	0.09	33	61.11
13	safety (Güvenli)	141	0.08	26	48.15
14	privacy (Gizlilik)	139	0.08	23	42.59
15	tracking (İzlemek)	138	0.08	27	50.00
16	record (Kayıt Tutmak)	131	0.07	36	66.67
17	control (Kontrol)	130	0.07	36	66.67
18	visibility (Görünürlük)	128	0.07	19	35.19
19	innovation (Yenilik)	123	0.07	15	27.78
20	storage (Depolama)	121	0.07	32	59.26
21	database (Veri Tabanı)	114	0.06	12	22.22
22	reliability (Güvenilirlik)	99	0.05	29	53.70
23	peer-to-peer (Eşler Arası)	98	0.05	11	20.37
24	verify (Doğrulamak)	97	0.05	20	37.04
25	feasibility (Uygulanabilirlik)	82	0.05	16	29.63

Şekil 13: Blok Zincir Kullanım Kriterleri Kelime Bulutu



Yapılan frekans analizinin incelenen literatür içerisinde yalnızca kelime tabanlı bir araştırma yapması, kelime gruplarını frekans analizi içerisinde gösterememesi ve blok zincirinin tüm kullanım kriterlerini kapsamı nedeniyle bu araştırma kapsamında aşağıdaki tabloda da belirtilmiş olan çalışmalar incelenmiş ve çalışmalarda önemi vurgulanan tedarik zinciri yönetiminde blok zincir kullanım kriterleri belirlenmiştir. Böylece tedarik zinciri yönetimi kapsamında kelime ve kelime gruplarından oluşan blok zincir kullanım kriterlerine erişilmesi amaçlanmıştır.

Tablo 8: Tedarik Zinciri Yönetiminde Blok Zincir Kullanım Kriterleri

Kaynak No	KRİTER ADI	Kaynak
1	MERKEZİYETSİZLİK VERİ GÜVENLİĞİ GİZLİLİK DEĞİŞMEZLİK KAYIT TUTMA VE İŞLEM YAPMA AKILLI SÖZLEŞMELER DOLANDIRICILIĞI ÖNLEME GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME MALİYET AZALTMA KATILIMCI KOORDİNASYONU	(McKinsey, 2018)
2	GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME DOLANDIRICILIĞI ÖNLEME MALİYET AZALTMA VERİ GÜVENLİĞİ İŞLEM HIZI DENETLENEBİLİRLİK	(Erol, Ar, Özdemir, vd., 2020:749-764)
3	KATILIMCI KOORDİNASYONU MALİYET AZALTMA TEKNOLOJİ ENTEGRASYONU VERİ GÜVENLİĞİ GİZLİLİK GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME MERKEZİYETSİZLİK	(Prasad, Shankar, vd., 2018: 438-443)
4	GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME DOLANDIRICILIĞI ÖNLEME KATILIMCI KOORDİNASYONU MALİYET AZALTMA AKILLI SÖZLEŞMELER REKABET AVANTAJI ŞEFFAFLIK ZAMAN TASARRUFU DENETLENEBİLİRLİK	(Deloitte, 2017:5-9)
5	VERİ GÜVENLİĞİ GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME ŞEFFAFLIK DOLANDIRICILIĞI ÖNLEME AKILLI SÖZLEŞMELER TEKNOLOJİ ENTEGRASYONU MERKEZİYETSİZLİK	(Zhu ve Kouhizadeh, 2019:40-41)

6	AKILLI SÖZLEŞMELER MERKEZİYETSİZLİK VERİ GÜVENLİĞİ GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME DOLANDIRICILIĞI ÖNLEME DENETLENEBİLİRLİK KATILIMCI KOORDİNASYONU MALİYET AZALTMA	(Saberı, Kouhızadeh, vd., 2019:2119-2123)
7	VERİ GÜVENLİĞİ GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME KATILIMCI KOORDİNASYONU AKILLI SÖZLEŞMELER DOLANDIRICILIĞI ÖNLEME MERKEZİYETSİZLİK KAYIT TUTMA VE İŞLEM YAPMA TEKNOLOJİ ENTEGRASYONU DEĞİŞMEZLİK GİZLİLİK	(Dujak ve Sajter, 2018:32-42)
8	GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME ŞEFFAFLIK GİZLİLİK KATILIMCI KOORDİNASYONU DENETLENEBİLİRLİK DEĞİŞMEZLİK MALİYET AZALTMA MERKEZİYETSİZLİK DENETLENEBİLİRLİK	(Xu, Lee, vd., 2021: 308-322)
9	ŞEFFAFLIK VERİ GÜVENLİĞİ GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME MERKEZİYETSİZLİK MALİYET AZALTMA AKILLI SÖZLEŞMELER DENETLENEBİLİRLİK KATILIMCI KOORDİNASYONU	(Shoaib, Lim ve Wang, 2020: 2117-2118)
10	AKILLI SÖZLEŞMELER MERKEZİYETSİZLİK TEKNOLOJİ ENTEGRASYONU GİZLİLİK	(Christidis ve Devetsikiotis, 2016: 2294-2300)
11	TEKNOLOJİ ENTEGRASYONU MERKEZİYETSİZLİK GİZLİLİK DOLANDIRICILIĞI ÖNLEME KATILIMCI KOORDİNASYONU	(Crosby vd., 2016:15-17)

12	MALİYET AZALTMA ŞEFFAFLIK MERKEZİYETSİZLİK KAYIT TUTMA VE İŞLEM YAPMA AKILLI SÖZLEŞMELER	(Felin ve Lakhani, 2018:32-36)
13	KAYIT TUTMA VE İŞLEM YAPMA VERİ GÜVENLİĞİ MALİYET AZALTMA GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME	(Swan, 2017:6-13)
14	AKILLI SÖZLEŞMELER MALİYET AZALTMA MERKEZİYETSİZLİK KATILIMCI KOORDİNASYONU DEĞİŞMEZLİK GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME DOLANDIRICILIĞI ÖNLEME OTOMASYON	(Rijmenam, Schweitzer ve Williams, 2017:5-15)
15	DEĞİŞMEZLİK MERKEZİYETSİZLİK AKILLI SÖZLEŞMELER TEKNOLOJİ ENTEGRASYONU GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME TALEP TAHMİNİNİ KOLAYLAŞTIRMA DOLANDIRICILIĞI ÖNLEME İŞLEM HIZI REKABET AVANTAJI MALİYET AZALTMA KATILIMCI KOORDİNASYONU ŞEFFAFLIK	(Treiblmaier, 2018:545-549)

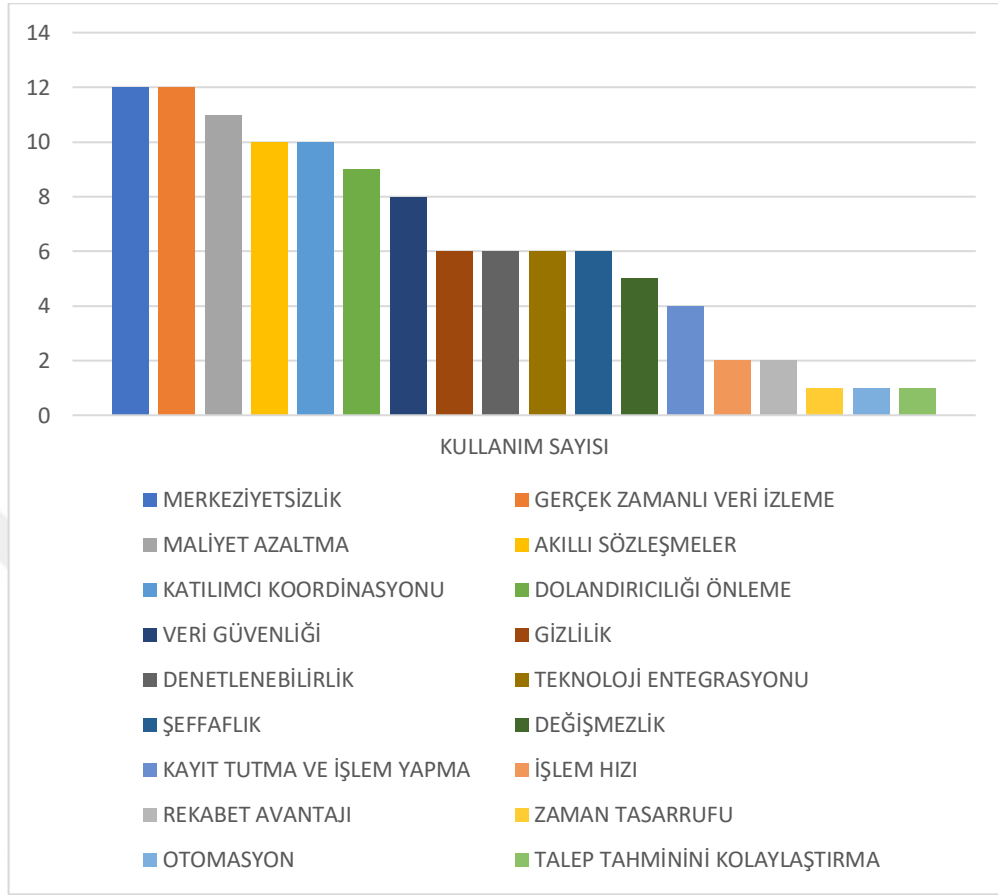
Araştırma kapsamında incelenen ilgili çalışmalar neticesinde tedarik zinciri yönetiminde blok zincir kullanım kriteri olarak değerlendirilebilecek olan 18 adet kullanım kriterine ulaşılmıştır. İlgili kriterler ve bu kriterlerin araştırmalarda kullanım yoğunluğuna ilişkin ilgili tablo ise aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 9: Referanslarda Blok Zincir Kullanım Kriterleri Oranları

KRİTER	KULLANIM SAYISI	REFERANSLARDA KULLANIM ORANI	AĞIRLIKLİ ORTALAMA
MERKEZİYETSİZLİK	12	67%	10,7
VERİ GÜVENLİĞİ	8	44%	7,1
GİZLİLİK	6	33%	5,4
DEĞİŞMEZLİK	5	28%	4,5
KAYIT TUTMA VE İŞLEM YAPMA	4	22%	3,6
AKILLI SÖZLEŞMELER	10	56%	8,9
DOLANDIRICILIĞI ÖNLEME	9	50%	8,0
GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME	12	67%	10,7
MALİYET AZALTMA	11	61%	9,8
KATILIMCI KOORDİNASYONU	10	56%	8,9
İŞLEM HIZI	2	11%	1,8
DENETLENEBİLİRLİK	6	33%	5,4
TEKNOLOJİ ENTEGRASYONU	6	33%	5,4
REKABET AVANTAJI	2	11%	1,8
ŞEFFAFLIK	6	33%	5,4
ZAMAN TASARRUFU	1	6%	0,9
OTOMASYON	1	6%	0,9
TALEP TAHMİNİNİ KOLAYLAŞTIRMA	1	6%	0,9
TOPLAM-18 KRİTER	112		100

Yukarıdaki tablodaki verilerden de görülebileceği üzere ilgili çalışmalarda en sık kullanılmış olan kullanım kriterleri 10.7 ağırlıklı ortalama ile ilgili araştırmaların %67'sinde önemi vurgulanan “Merkeziyetsizlik” ve “Gerçek Zamanlı Veri İzleme” kriterleri olarak belirlenmiştir. Bu kriterleri ise sırasıyla 9.8 ortalama ile “Maliyet Azaltma”, 8.9 ortalama ile “Katılımcı Koordinasyonu” ve “Akıllı Sözleşmeler”, 8.0 ortalama ile “Dolandırıcılığı Önleme”, 7.1 ortalama ile “Veri Güvenliği”, 5.4 ortalama ile “Gizlilik”, “Denetlenebilirlik”, “Teknoloji Entegrasyonu” ve “Şeffaflık”, 4.5 ortalama ile “Değişmezlik”, 3.6 ortalama ile “Kayıt Tutma ve İşlem Yapma”, 1.8 ortalama ile “İşlem Hızı” ve “Rekabet Avantajı”, 0.9 ortalama ile “Zaman Tasarrufu”, “Otomasyon” ve “Talep Tahminini Kolaylaştırma” kriterleri izlemektedir.

Tablo 10: Kriterlerin Referanslarda Kullanım Sayıları



Blok zincir kullanım kriterlerinin, incelenen araştırmalar içerisindeki kullanım sayılarına ilişkin bir sütun grafiği yardımıyla kriter kullanım sayılarının en çok kullanılanı en az kullanılanı doğru sıralanmasıyla kriter kullanım miktarlarının daha net görüleceğinin düşünülmesi nedeniyle yukarıdaki grafikte kriterlerin kullanım sayılarına ayrıca yer verilmiştir.

3.3.2. Belirlenen Blok Zincir Kullanım Kriterleri ve Açıklamaları

3.3.2.1. Merkeziyetsizlik

Araştırmanın önceki bölümlerinde de açıklaması yapılan merkeziyetsizlik ilkesi, blok zincir teknolojisinin temel özelliklerinden birisidir. Dağıtık defter teknolojilerinin yapısı gereği merkezi bir noktası bulunmamaktadır. Bu durum ise tedarik zinciri sistemindeki hatalara ve saldırılara karşı tedarik zincirine esneklik

kazandırmaktadır. Merkeziyetsizlik ayrıca ağ içerisindeki katılımcılar arasında daha basit ve daha hızlı bir uzlaşma sağlamaktadır. Blok zincirinin merkeziyetsizlik özelliği aynı zamanda tedarik zinciri katılımcılarının, potansiyel olarak rekabet çıkarlarını korurken aynı zamanda iş birliği de yapabilmelerine olanak sağlamaktadır çünkü merkeziyetsizliğin teknik altyapısında katılımcıların eşit kontrol hakkına sahip oldukları tarafsızlık ilkesi yer almaktadır. Bu durum ayrıca işlemlerin doğrulanması amacıyla süreç içerisinde kullanılan üçüncü taraflara olan ihtiyacı da ortadan kaldırdığı için üçüncü taraflara ödenen bedel veya komisyonlar açısından tedarik zinciri katılımcılarına tasarruf sağlamaktadır.

3.3.2.2. Gerçek Zamanlı Veri İzleme

Blok zincir teknolojisi gerçekleşen her türlü işlemin ne şekilde, hangi aşamada, tedarik zincirinin hangi kısmında olduğu ve var olan ürünlerin hangi koşullarda ne şekilde elde edildiği konusunda detaylı bir izlenebilirlik süreci sağlamaktadır. Blok zincir teknolojisinin dağıtık yapısı ve kullanıcıların işlemleri şeffaf bir şekilde takip edebilmesi özellikle tedarik zinciri alanında sistemin izlenebilirliğini arttırmaktadır. Bu özellik, tedarik zinciri ve blok zinciri teknolojisi arasındaki en temel avantaj olarak ifade edilir. Çünkü, izlenebilir olması aynı zamanda diğer avantajların da var olmasını sağlayacak olan avantajları beraberinde getirmektedir (Zelbst, 2019: 40).

3.3.2.3. Şeffaflık

Veriler, ağdan gelen fikir birliği ile ağ üzerine kaydedilmekte ve saklanma özelliğine tabii olmaktadır. Bu saklama özelliği sayesinde uzun süreli kullanım ve görüntülenme özelliğine sahiptir. Gerçekleşen işlem sırasında işlemi gerçekleştiren ürünün takibi sağlanır ve veri analizi için gerçekleşen eylemlerin otomatik bir hale gelmesini sağlar. Bu sayede hangi aşamada hangi sürecin gerçekleştiği, ortaklar arasında sürecin şeffaf ve görünür bir şekilde ele alınmasını sağlamaktadır (Zelbst, 2019: 38). Bu şeffaflık, işletmelerin ürün orijinallliği ve kalitesi konusunda da bilgi sahibi olmasını sağlayarak tedarik zincirinde şeffaf ve güvenli izlenebilirliğin

uygulanmasına katkıda bulunmaktadır. Tedarik zinciri katılımcıları arasında bulunan bu şeffaflık ise katılımcıların birbirlerine karşı olan güven duygusunu geliştirmelerini sağlamak ve katılımcı koordinasyonunu arttırarak tedarik ağı ilişkisini güçlendirmektedir.

3.3.2.4. Otomasyon

Farklı bilgi teknolojilerinin de birlikte kullanılmasıyla birlikte blok zinciri teknolojisi sayesinde tedarik zinciri süreçleri otonom bir yapıya sahip olmaktadır. Bu sistem içerisinde akıllı sözleşmeler, IoT ve RFID teknolojileri sayesinde toplanan tüm verilerin blok zincirine entegre edilmesiyle ürün izlenebilirliği gelişmekte ve süreç verimliliği artmaktadır. Ayrıca akıllı sözleşmelerin koşula bağlı ilerleyen süreç yönetimi sayesinde sözleşmede belirtilen bir koşul sağlandıkça sıradaki koşula geçilerek süreçler tamamlanmaktadır (Li ve ark., 2019: 52). Bu sayede blok zinciri teknolojisi, otonom bir tedarik zinciri ve ödeme sistemi yapısının oluşmasına katkıda bulunmaktadır.

3.3.2.5. Veri Güvenliği

Blok zinciri, yapılan faaliyetlere ilişkin verilerin şifreli bir şekilde, belirli aralıklarla ve kronolojik olarak kaydedildiği ve her bloğun bir önceki bloğun bilgilerini de içerdiği bilgi bloklarının art arda gelmesiyle oluşmaktadır. (Bakan ve Şekkeli, 2019:2847). Blok zinciri veri tabanı dağıtık sistemli bir veri tabanı yapısına sahip olduğu için malların, hizmetlerin, sözleşmelerin ve faturaların güvenli bir şekilde arşivlenmesini, ortaklar ve müşteriler arasında transfer edilmesini sağlar. Blok zincirin ademi merkeziyetçi yapısı sayesinde diğer kişilerin müdahalesi ya da sahtecilik, dolandırıcılık gibi süreçlerin önüne geçilmesini sağlayarak güvenlik alanı inşa etmektedir (Ray, 2020: 86). Bu teknoloji içerisinde kullanılan kriptografik şifreleme araçları sayesinde kullanılan blok zinciri türüne bağlı olarak yalnızca izin verilen kullanıcılar, ağdaki verileri görüntüleyebildiği veya işlem yapabildiği için veri güvenliği alanında yeni bir dijital dönüşüm aracı olarak görülebilmektedir.

3.3.2.6. Maliyet Azaltma

Geleneksel tedarik zincirindeki bazı sorunlar, tedarik zinciri katılımcılarının performanslarını ve maliyetlerini olumsuz olarak etkilemektedir. Gelişen bilgi teknolojilerine rağmen tedarik zincirinin bu sorunları aşamamakta ve işletmeler için yüksek maliyetlere yol açmaktadır. Ancak blok zinciri teknolojisinin tedarik zinciri yönetimine adapte edilmesiyle birlikte veriler gerçek zamanlı olarak izlenebildiği için stok yönetimi daha efektif olarak yapılabilmektedir. Bu sayede verimlilik artmakta, israflar önlenmekte ve maliyetler azaltılmaktadır. Geleneksel tedarik zincirindeki bir başka maliyet boyutu ise üçüncü taraflar aracılığı ile sağlanan denetimdir ancak blok zinciri teknolojisi sayesinde bu araçlar ortadan kaldırılarak işlem ve komisyon maliyetlerinin önüne geçilmektedir. Ayrıca akıllı sözleşmelerin kullanımı sayesinde tüm belgeler dijitalleştirilmekte ve tedarik zincirinde otomasyon sağlanmaktadır. Bu özellik sayesinde gereksiz belge dolaşımının da önüne geçilerek riskler ve maliyetler azaltılmaktadır (Benaddi ve Ibrahimi, 2020: 4). Kısaca blok zinciri teknolojisi işlem maliyetleri başta olmak üzere tedarik zincirinde önemli maliyet avantajları sağlamaktadır ancak uygulanması için yüksek başlangıç sermayesi gerekmektedir. Bu nedenle uzun dönemli bir yatırım olarak görülmesine rağmen uzun vadede kazandıracağı maliyet avantajına bakıldığında zaman bu yüksek başlangıç maliyetleri katlanılabilir düzeydedir.

3.3.2.7. Zaman Tasarrufu

Blok zinciri ve akıllı sözleşmeler, geleneksel tedarik zincirindeki karışık ve çok belgeli iş süreçlerine bir son vererek tüm dokümanların dijital olarak hazırlanmasına olanak sağlamak ve formaliteler arasında gerçekleşen zaman kaybını en aza indirmektedir. Akıllı sözleşmeler sayesinde otomatikleştirilen iş süreçleri sayesinde sözleşmede belirlenen koşulun sağlanması sonucunda sonraki sürece geçilmekte ve süreçlerin tamamlanmasıyla birlikte ödeme işlemi gerçekleşmektedir. Araçların da içinde bulunduğu mevcut tedarik zincirindeki denetim mekanizmasının yerini blok zincirindeki kullanıcılar aldığı için hem denetim hem de ödeme alanında işletmelere zaman tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca tedarik

zinciri katılımcılarının koordineli bir şekilde çalışması ve gelişmiş ürün izlenebilirliği sonucu işletmeler, iş süreçlerinde gereksiz bekleme sürelerine zaman ayırmak zorunda kalmamaktadırlar. Bu sayede blok zinciri teknolojisi, mevcut tedarik zinciri yönetimindeki karmaşık bilgi akışlarını ve bu süreçte kaybedilen zamanları en aza indirip tam bir zaman tasarrufu sağlayarak işletmelerin iş süreçlerindeki verimliliğini artırmaktadır (Benaddi ve Ibrahimi, 2020: 4).

3.3.2.8. Gizlilik

Blok zinciri teknolojisinde kullanıcıların gizliliğini sağlamak amacıyla gerçek ad veya kullanıcı adı kullanımı yerine kullanıcıların anonim olarak işlem yapabilmelerine olanak sağlayan blok zinciri adresleri kullanılmaktadır. Kullanılan blok zinciri adresleri düğüm olarak isimlendirilmekte olup kullanıcılar kimlik belirtmeden veri paylaşımında bulunabilmektedirler. Böylece sistem içerisinde kullanıcılar, dijital ortamda kimlik belirtmeden işlemlerini gizlilik ilkelerine bağlı olarak sürdürebilmektedir.

3.3.2.9. Değişmezlik

Blok zincirleri, depolanmakta olan verilerin değişmezliğini sağlayan kriptografi temelli şifreleme algoritmalarına dayanmaktadır ve bu nedenle blok zincirine kaydedilen her türlü veri değiştirilemez veya silinemez bir şekilde depolanmaktadır. Blok zincirine kaydedilen her bir veri, kriptografik şifreleme tekniklerinin kullanımı ve madenciler tarafından onaylanmış dijital imzaların kullanımı sayesinde tek bir kullanıcıyla ilişkilendirilmektedir. Bu sebeple blok zincirinde kaydedilen veriler, imkânsız olmasa da pratik olarak mümkün olmayacak şekilde güvenlik açısından değişmezlik özelliğine sahiptir. Blok zincirinin bu özelliği sayesinde tedarik zinciri katılımcıları, yaptıkları işlemlerin değiştirilemez özellikte olması sebebiyle verilerini paylaşmak konusunda daha özgür olabilmektedir.

3.3.2.10. Kayıt Tutma ve İşlem Yapma

Blok zinciri kullanıcıları, dağıtık bir veri tabanına sahip olan tek bir platform üzerinde işlerini yapabilmektedir. Aynı zamanda her bir işlemin kayıtlarının depolanabiliyor olması sebebiyle kullanıcılar, istedikleri zaman yapmış oldukları işlemlere ait verilere kolaylıkla erişebilmekte veya yeni bir işlem oluşturabilmektedir. Bu durum ise tedarik zincirinde katılımcılar arasındaki ilişkiyi güçlendirmek amacıyla tercih edilebilir bir durumdur çünkü böylelikle katılımcıların ağ üzerinde yapmış oldukları işlemler şeffaf bir şekilde görüntülenebilmekte ve böylelikle katılımcılar arasında güven ortamı yaratılabilmektedir.

3.3.2.11. Akıllı Sözleşmeler

Araştırmanın önceki bölümlerinde detaylı bir şekilde incelenen akıllı sözleşmeler, blok zinciri içerisinde bir işlemi tamamlamak için bir dizi koşul ekleyerek oluşturulur. Bu koşullar, iki taraf arasındaki bir sözleşme gibi hizmet veren ve blok zinciri tarafından otomatik olarak doğrulanan ve yürürlüğe giren bir bilgisayar programında tanımlanır. Blok zinciri teknolojisinin merkeziyetsiz yapısı sayesinde üçüncü taraflara gerek kalmadığı için taraflar arasındaki sözleşmelerde ve sözleşme şartlarına olan uyumun sağlanması amacıyla denetçilere olan ihtiyaç da ortadan kalkmaktadır. Akıllı sözleşmeler sayesinde sözleşmenin her bir işlemi bir şarta bağlanmakta ve şartlar yerine getirildikçe bir sonraki işleme geçilmektedir. Bu durum klasik sözleşme ve çeşitli belgelendirme sistemine kıyasla daha otomatik ve güvenilir bir sistem olması nedeniyle tedarik zincirinde katılımcılar arasında yapılan sözleşmelerin dijital bir versiyonudur.

3.3.2.12. Dolandırıcılığı Önleme

Blok zinciri teknolojisi, hem sistem üzerinde yapılan işlemlerin takip edilebilmesi hem de işlemlerin yapılabilmesi sürecinde farklı kullanıcıların onayına gerek duyması nedeniyle dolandırıcılığa karşı koruyucu bir özellik taşımaktadır (Kaya, 2019:45). Blok zincirinde ve akıllı sözleşmelerde her bir işlemin

gerçekleşmesi için öncelikle gerekli şartın yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle bir ürün eğer aslına uygun değilse veya yapılan sözleşmelerde belirtilen şartları yerine getirmiyorsa sözleşme otomatik olarak iptal edilmektedir. Bu durum ise tedarik zinciri katılımcılarını yapmış oldukları işlemlerde doğruluğa sevk ederek olası dolandırıcılık durumlarına karşı katılımcıları korumakta ve katılımcılar arasında bir güven ortamının yaratılmasını kolaylaştırmaktadır. Böylece taraflar arasında dolandırıcılığa karşı dayanıklı bir ticaret ortamı oluşturulabilmektedir.

3.3.2.13. Katılımcı Koordinasyonu

Mevcut tedarik zinciri yönetimi sistemindeki sorunlardan birisi de katılımcılar arasında karşılıklı veri paylaşımının bulunmamasıdır. Bu durum ise tedarik zinciri katılımcılarının bilgi alışverişinde bulunmalarını ve süreçleri kontrol etmelerini zorlaştırmaktadır. Ancak blok zinciri teknolojisinin tedarik zinciri yönetiminde kullanımı, mevcut sistemin verimsizliklerini ve sorunlarını ortadan kaldıracak potansiyele sahiptir çünkü blok zincirinin tedarik zinciri yönetiminde kullanımı sonucu doğacak olan güven ortamında tüm bilgiler hem şeffaf olarak paylaşılabilen hem de güvenli ve değiştirilemeyecek bir şekilde depolanmaktadır. Bu sayede tedarik zinciri katılımcıları, birbirlerinin sunmuş oldukları verilerden faydalanarak ve koordineli bir şekilde çalışarak hem iş akışını hızlandırabilecek hem de daha tutarlı teslimat süresi belirleyebilecektir.

3.3.2.14. İşlem Hızı

Blok zincirinin şeffaflık özelliği sayesinde süreç içerisindeki tüm veriler tedarik zincirinin tüm katılımcıları tarafından izlenebilmektedir. Bu özelliği sayesinde katılımcılar iş akışlarını birbirleri arasında koordine ederek süreçlerini hızlandırabilmektedir. Akıllı sözleşmeler sayesinde sağlanan her koşulun tamamlanmasıyla birlikte iş süreçleri daha efektif bir şekilde ilerleyebildiği için tedarik zinciri içerisindeki işlem hızı da önemli ölçüde artmaktadır.

3.3.2.15. Denetlenebilirlik

Blok zincirinde yapılan her bir işlem sistemdeki kullanıcılar tarafından doğrulanmakta ve onaylanmaktadır ve ayrıca sadece kullanıcıların çoğunluğu tarafından onaylanan işlemler yeni bloğa eklenerek doğruluğu sağlanmaktadır. Bu nedenle geleneksel denetçi sistemine kıyasla mutabakat sisteminde bir değil birden fazla denetçi olduğu için blok zinciri sistemi, denetlenebilirlik açısından klasik sisteme kıyasla daha avantajlı ve daha güvenilirdir. Bu durum ise tedarik zinciri katılımcıları arasında daha güvenilir ve daha verimli bir ticaret ortamı oluşmasını sağlayarak katılımcılar arasındaki ilişkiyi güçlendirmektedir.

3.3.2.16. Teknoloji Entegrasyonu

Blok zinciri teknolojisi sahip olduğu teknik altyapı sayesinde farklı bilgi teknolojileriyle de entegre kullanım imkânı sunmaktadır. Bu kapsamda çalışmanın önceki bölümlerinde de ifade edildiği şekilde IoT ve RFID teknolojilerinin blok zinciri teknolojisiyle entegre kullanımı durumunda tedarik zincirinin sürdürülebilirliğini ve verimliliğini önemli ölçüde artıracak potansiyele sahiptir. Bu bilgi teknolojilerinin birlikte kullanılması durumunda aynı zamanda tedarik zincirinde tam bir otomasyon sağlanacak olup bu durum şeffaflık ve izlenebilirlik alanında daha güvenilir ve hatalara karşı korunaklı bir yapı oluşturulmasına yardımcı olacaktır. Bu nedenle dijital dönüşüm kapsamında bu bilgi teknolojilerinin birlikte kullanılması, tedarik zinciri süreçleri içerisinde insan müdahalesini en aza indirerek tedarik zinciri yönetiminin daha dijital ve teknolojik bir yapı içerisinde sürdürülmesini sağlamaktadır.

3.3.2.17. Rekabet Avantajı

Küreselleşme sonucu oluşan rekabetçi ortam neticesinde, teknolojiyi yakından takip etmek ve bu teknolojiyi iş süreçlerine uygulamak işletmeler tarafından zorunlu bir gereksinim haline gelmiştir. Blok zinciri teknolojisi ise, işletmelerin küresel rekabet ortamında rakiplerine oranla daha avantajlı pozisyona

gelmelerine yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda blok zinciri teknolojisi, gelişmiş ürün izlenebilirliği sayesinde işletmelerin iş süreçlerini daha verimli koordine edebilmesine olanak sağlayarak müşterilerine daha tutarlı teslim tarihi vermelerine imkân vermektedir. Bu durum ise daha tutarsız teslim tarihi veren rakiplerine karşı işletmelere rekabet avantajı sağlamaktadır. Ürün izlenebilirliği, işletmelere ürünün orijinalliği ve kalitesi konusunda da kesintisiz bir bilgi akışı sağlamakta olup işletmelerin müşteri memnuniyetini daha iyi karşılamalarına ve rakiplerine göre daha avantajlı konuma gelmesine yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda blok zincirinin maliyetler üzerindeki azaltıcı etkisi sayesinde işletmelere ürün fiyatlaması konusunda da rekabet avantajı sağlamaktadır. Blok zinciri teknolojisinin işletmeler açısından rekabet avantajı sağlamasına etki eden bir başka faktör ise işletmenin içerisinde bulunduğu tedarik zinciri süreçlerindeki katılımcılarla daha koordineli bir şekilde çalışması sonucu artan tedarik zinciri sürecindeki verimlilik ve sürdürülebilirliktir. Böylece işletmeler, bulundukları rekabetçi ortam içerisinde sürdürülebilir bir rekabet avantajına sahip olabilmektedirler.

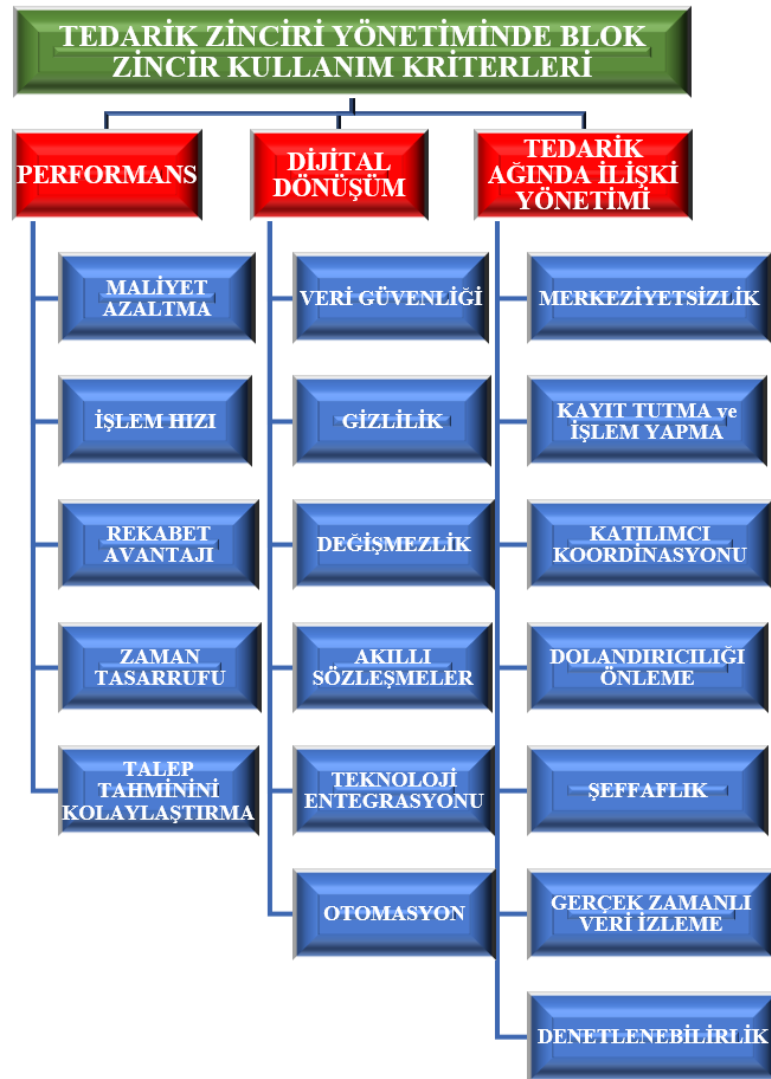
3.3.2.8. Talep Tahminini Kolaylaştırma

Blok zinciri teknolojisinin sağlamış olduğu şeffaflık ve gelişmiş veri izlenebilirliği tedarik zinciri katılımcılarına, tüketicilerin ne istediğine dair derinlemesine bir bilgi sağlamakta ve belirli ürünlere olan talebi göstermektedir. Bu olanaklar ise, işletmelerin daha doğru talep tahminleri oluşturmalarına ve daha iyi kararlar almalarına yardımcı olmaktadır. Yapılan doğru talep tahminleri sayesinde işletmeler, hangi üründen ne zaman ve ne kadar üretileceğini bilerek gereksiz stok yatırımı yapmadan rekabet avantajı elde edebilmektedir. Aynı zamanda talep tahmini konusunda blok zinciri verilerine güvenen ve bu yönde iş süreçlerini yöneten işletmeler, araştırmalarında zaman tasarrufu elde etmekte olup bu süreçteki araştırma maliyetlerini de azaltabilmektedir. Sonuç olarak blok zinciri teknolojisinin şeffaflık ve izlenebilirlik özellikleri sayesinde oluşan bilgi birikiminden faydalanan işletmeler, daha tutarlı talep tahminleri ile işletme performanslarını geliştirebilmekte ve maliyetlerini azaltabilmektedir.

3.3.3. AHP Uygulaması

Analitik hiyerarşi prosesi yönteminin uygulanması için ilk olarak belirlenen kriterlerin hiyerarşik yapı içerisinde belirtilmesi gereklidir. Bu nedenle bir önceki bölümde aktarılmış olan kriterler ve kriterlerin özelliklerine de bağlı olarak 3 ana kriter belirlenmiştir. Bu ana kriterleri ise performans, dijital dönüşüm ve tedarik ağında ilişki yönetimi olarak sıralamak mümkündür. Ana kriterler ve alt kriterlere ait hiyerarşik model ise aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

Şekil 14: Hiyerarşik Model



Yukarıdaki şekil üzerinde de belirtildiği üzere “Maliyet Azaltma”, “İşlem Hızı”, “Rekabet Avantajı”, “Zaman Tasarrufu” ve “Talep Tahminini Kolaylaştırma” kriterleri araştırma kapsamında önceki bölümde aktarılmış olan özellikleri ve avantajları baz alınarak tedarik zincirinin ve katılımcıların performansı ile ilişkilendirilmiş ve “Performans” ana kriterinin alt kriterleri olarak ele alınmıştır.

“Veri Güvenliği”, “Gizlilik”, “Değişmezlik”, “Akıllı Sözleşmeler”, “Teknoloji Entegrasyonu” ve “Otomasyon” kriterleri araştırma kapsamında önceki bölümde aktarılmış olan özellikleri ve avantajları baz alınarak tedarik zincirinin dijitalleşmesi ile ilişkilendirilmiş ve “Dijital Dönüşüm” ana kriterinin alt kriterleri olarak ele alınmıştır.

“Merkeziyetsizlik”, “Kayıt Tutma ve İşlem Yapma”, “Katılımcı Koordinasyonu”, “Dolandırıcılığı Önleme”, “Şeffaflık”, “Gerçek Zamanlı Veri İzleme” ve “Denetlenebilirlik” kriterleri ise araştırma kapsamında önceki bölümde aktarılmış olan özellikleri ve avantajları baz alınarak tedarik ağındaki katılımcıların ilişki yönetimi ile ilişkilendirilmiş ve “Tedarik Ağındaki İlişki Yönetimi” ana kriterinin alt kriterleri olarak ele alınmıştır.

Hiyerarşik modelin belirlenmesinin ardından ikili karşılaştırma anketi oluşturulmuş ve AHP önem ölçeğine uygun olarak katılımcı olan toplam 14 uzman ve akademisyen tarafından ikili karşılaştırma anketi doldurulmuştur. Doldurulmuş olan anketlerin değerlendirilmesi sonucunda ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Belirlenmiş 3 ana kriter olan “Performans”, “Dijital Dönüşüm” ve “Tedarik Ağındaki İlişki Yönetimi”ne ait değerlendirmeler ve grup kararları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 11: Ana Kriterler ve Grup Kararları

KRİTERLER	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	KRİTERLER	Geometrik Ortalama
Performans	7,00	8,00	0,25	0,13	7,00	0,20	0,14	0,20	0,50	0,17	9,00	0,14	0,14	6,00	Dijital Dönüşüm	0,70
Dijital Dönüşüm	0,14	0,13	0,14	3,00	3,00	1,00	7,00	0,14	0,50	0,13	0,13	0,20	0,13	5,00	Tedarik Ağındaki İlişki Yönetimi	0,47
Tedarik Ağındaki İlişki Yönetimi	7,00	8,00	8,00	0,11	0,20	3,00	3,00	8,00	0,33	7,00	0,11	5,00	9,00	0,13	Performans	1,64

Yukarıdaki tablodan da görülebileceği üzere toplam 14 uzman ve akademisyen tarafından değerlendirilmiş olan ikili karşılaştırmalar neticesinde ana kriterlere ait grup kararları netleştirilmiştir.

Grup kararlarının hesaplanmasının ardından ana kriterlere ait önem ağırlıklarının birbirleriyle karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi hazırlanmıştır.

Tablo 12: Ana Kriterlere Ait İkili Karşılaştırma Matrisi

KRİTERLER	Performans	Dijital Dönüşüm	Tedarik Ağında İlişki Yönetimi
Performans	1	0,70	0,61
Dijital Dönüşüm	1,43	1	0,47
Tedarik Ağında İlişki Yönetimi	1,64	2,15	1
TOPLAM	4,08	3,85	2,07

Tablo 12’de ise önceden belirlenen üç ana kriterin birbirleriyle karşılaştırma matrisi oluşturulmuş ve ana kriterlerin normalize edilmesinden önce ilgili üç ana kritere ait sütun toplamaları hesaplanmıştır.

Tablo 13: Normalize Edilmiş Ana Kriter Karşılaştırma Matrisi

KRİTERLER	Performans	Dijital Dönüşüm	Tedarik Ağında İlişki Yönetimi
Performans	0,25	0,18	0,29
Dijital Dönüşüm	0,35	0,26	0,22
Tedarik Ağında İlişki Yönetimi	0,40	0,56	0,48
TOPLAM	1,00	1,00	1,00

Tablo 13.’te gösterilen normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisinin bulunmasının ardından yapılan değerlendirmeler neticesinde, belirlenen ana kriterlerin göreceli önem ağırlıkları (w) hesaplanmıştır.

Tablo 14: Özet Ana Kriter Karşılaştırma Matrisi

KRİTERLER	Performans	Dijital Dönüşüm	Tedarik Ağında İlişki Yönetimi	Göreceli Önem (Kriter Ağırlıkları)
Performans	1,00	0,70	0,61	0,240
Dijital Dönüşüm	1,43	1,00	0,47	0,279
Tedarik Ağında İlişki Yönetimi	1,64	2,15	1,00	0,481
TOPLAM	4,08	3,85	2,07	Tutarlılık Oranı: 0,038

Tablo 14’te özetlenmiş olan ana kriterlere ait kriter ağırlıklarına (w) bakıldığında aşağıdaki değerlendirmelerde bulunabiliriz;

- Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriteri (0,481) satır ağırlığı ile Dijital Dönüşüm ana kriteri (0,279) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriteri (0,481) satır ağırlığı ile Performans ana kriteri (0,240) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Ayrıca, Dijital Dönüşüm ana kriteri (0,279) satır ağırlığı ile Performans ana kriteri (0,240) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriteri (0,481) satır ağırlığı ile tüm ana kriterler arasında en önemli olanıdır diyebiliriz.

Belirlenen ana kriterlere ait göreceli önem ağırlıklarının hesaplanmasının ardından, yapılan değerlendirmelerin tutarlılığını ölçmek amacıyla tutarlılık analizi yapılmıştır. Yapılan bu çalışma neticesinde $\lambda_{\max} = 3,04$ olarak hesaplanmıştır. Ardından tutarlılık endeksinin (CI) bulunabilmesi amacıyla gerekli işlemler yapılarak tutarlılık endeksi 0,02 olarak hesaplanmıştır. $n=3$ olan karşılaştırma matrisimize karşılık gelen rassallık endeksi (RI) 0,58 olarak bulunmuştur. Ardından hesaplanan tutarlılık endeksinin (CI) bulunan rassallık endeksi (RI) verisine oranlanması sonucu tutarlılık oranı (CR) 0,038 olarak bulunmuştur. Ana kriterlere ait ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı $(0,038) < 0,1$ olması nedeniyle yapılan değerlendirmelerin tutarlı olduğu söylenebilmektedir.

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 15: Ana Kriterlere Ait Alt Kriterler

PERFORMANS	DİJİTAL DÖNÜŞÜM	TEDARİK AĞINDA İLİŞKİ YÖNETİMİ
MALİYET AZALTMA	VERİ GÜVENLİĞİ	MERKEZİYETSİZLİK
İŞLEM HIZI	GİZLİLİK	KAYIT TUTMA VE İŞLEM YAPMA
REKABET AVANTAJI	DEĞİŞMEZLİK	KATILIMCI KOORDİNASYONU
ZAMAN TASARRUFU	AKILLI SÖZLEŞMELER	DOLANDIRICILIĞI ÖNLEME
TALEP TAHMİNİNİ KOLAYLAŞTIRMA	TEKNOLOJİ ENTEGRASYONU	ŞEFFAFLIK
	OTOMASYON	GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME
		DENETLENEBİLİRLİK

Tablo 15’te tedarik zinciri yönetiminde blok zincir kullanım ana kriterlerine ait alt kriterler gösterilmiştir. Her bir alt kriter ait olduğu ana kriter ile özellikleri ve avantajları açısından ilişkilidir. Çalışmanın devamında söz konusu ana kriterlere ek olarak alt kriterlerin de önem ağırlıklarının hesaplanmasında AHP yöntemi kullanılmıştır.

Ana kriterlere ait ikili karşılaştırma matrisinin değerlendirilmesinin ardından ilk olarak Performans ana kriterinin alt kriterlerine ait değerlendirmeler yapılmış ve grup kararları alınmıştır.

Tablo 16: Performans Alt Kriterleri ve Grup Kararları

KRİTERLER	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	KRİTERLER	Geometrik Ortalama
Maliyet Azaltma	0,11	0,11	7,00	0,17	0,17	0,50	0,14	8,00	1,00	8,00	0,14	5,00	6,00	8,00	İşlem Hızı	0,93
İşlem Hızı	7,00	9,00	0,13	0,11	3,00	0,33	7,00	8,00	7,00	0,20	0,13	1,00	0,25	0,14	Rekabet Avantajı	0,92
Rekabet Avantajı	0,11	0,11	9,00	1,00	0,33	3,00	5,00	0,13	0,20	0,20	8,00	0,33	0,25	7,00	Zaman Tasarrufu	0,73
Zaman Tasarrufu	9,00	7,00	4,00	0,13	4,00	1,00	0,20	7,00	0,14	0,14	7,00	2,00	1,00	0,50	Talep Tahminini Kolaylaştırma	1,26
Talep Tahminini Kolaylaştırma	0,17	6,00	5,00	0,17	0,20	0,25	0,17	0,14	0,17	0,20	0,13	6,00	0,20	0,14	Maliyet Azaltma	0,36
İşlem Hızı	0,17	8,00	0,20	0,11	1,00	5,00	7,00	0,13	0,50	0,20	0,13	0,20	1,00	0,14	Zaman Tasarrufu	0,49
İşlem Hızı	6,00	8,00	0,25	0,13	5,00	7,00	1,00	8,00	7,00	0,17	8,00	0,14	2,00	0,14	Talep Tahminini Kolaylaştırma	1,44
Rekabet Avantajı	6,00	0,14	6,00	0,17	3,00	4,00	0,13	7,00	1,00	0,20	8,00	4,00	2,00	5,00	Talep Tahminini Kolaylaştırma	1,57
Maliyet Azaltma	6,00	7,00	3,00	0,17	2,00	0,33	5,00	8,00	7,00	7,00	0,13	0,20	1,00	6,00	Rekabet Avantajı	1,81
Maliyet Azaltma	0,17	0,14	7,00	0,17	0,20	1,00	5,00	9,00	1,00	7,00	0,13	0,20	1,00	7,00	Zaman Tasarrufu	0,92

Yukarıdaki tablodan da görülebileceği üzere toplam 14 uzman ve akademisyen tarafından değerlendirilmiş olan ikili karşılaştırmalar neticesinde Performans ana kriteri ile ilişkilendirilmiş olan alt kriterlere ait grup kararları netleştirilmiştir.

Grup kararlarının hesaplanmasının ardından alt kriterlere ait önem ağırlıklarının birbirleriyle karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi hazırlanmıştır.

Tablo 17: Performans Alt Kriterleri Karşılaştırma Matrisi

KRİTERLER	MALİYET AZALTMA	İŞLEM HIZI	REKABET AVANTAJI	ZAMAN TASARRUFU	TALEP TAHMİNİNİ KOLAYLAŞTIRMA	Görelî Önem (Kriter Ağırlıkları)
MALİYET AZALTMA	1,00	0,93	1,81	0,92	2,75	0,486
İŞLEM HIZI	1,07	1,00	0,92	0,49	1,44	0,334
REKABET AVANTAJI	0,55	1,09	1,00	0,73	1,57	0,319
ZAMAN TASARRUFU	1,09	2,04	1,36	1,00	1,26	0,451
TALEP TAHMİNİNİ KOLAYLAŞTIRMA	0,36	0,70	0,64	0,79	1,00	0,230
TOPLAM	2,00	3,82	3,00	2,53	3,83	Tutarlılık Oranı: 0,033

Tablo 16’da gösterilen grup kararlarının ikili karşılaştırma matrisi üzerinde değerlendirilmesinin ardından alt kriterlere ait sütun toplamaları hesaplanmış ve normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisinin bulunmasının ardından yapılan değerlendirmeler neticesinde, belirlenen alt kriterlerin göreceli önem ağırlıkları (w) hesaplanmıştır.

Tablo 17’de özetlenmiş olan alt kriterlere ait kriter ağırlıklarına (w) bakıldığında aşağıdaki değerlendirmelerde bulunabiliriz;

- Maliyet Azaltma alt kriteri (0,486) satır ağırlığı ile Zaman Tasarrufu alt kriteri (0,451) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Zaman Tasarrufu alt kriteri (0,451) satır ağırlığı ile İşlem Hızı alt kriteri (0,334) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- İşlem Hızı alt kriteri (0,334) satır ağırlığı ile Rekabet Avantajı alt kriteri (0,319) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Maliyet Azaltma alt kriteri (0,486) satır ağırlığı ile Performans ana kriteri ile ilişkilendirilmiş olan tüm alt kriterler arasında en önemli olanıdır diyebiliriz.

Belirlenen alt kriterlere ait göreceli önem ağırlıklarının hesaplanmasının ardından, yapılan değerlendirmelerin tutarlılığını ölçmek amacıyla tutarlılık analizi yapılmıştır. Yapılan bu çalışma neticesinde $\lambda_{\max} = 5,147$ olarak hesaplanmıştır. Ardından tutarlılık endeksinin (CI) bulunabilmesi amacıyla gerekli işlemler yapılarak tutarlılık endeksi 0,037 olarak hesaplanmıştır. $n=5$ olan karşılaştırma matrisimize karşılık gelen rassallık endeksi (RI) 1,12 olarak bulunmuştur. Ardından hesaplanan tutarlılık endeksinin (CI) bulunan rassallık endeksi (RI) verisine oranlanması sonucu tutarlılık oranı (CR) 0,033 olarak bulunmuştur. Performans ana kriteri ile ilişkilendirilmiş olan alt kriterlere ait ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı $(0,033) < 0,1$ olması nedeniyle yapılan değerlendirmelerin tutarlı olduğu söylenebilmektedir.

Performans ana kriterine ait alt kriterler arasında yapılan değerlendirmelerin ardından Dijital Dönüşüm ana kriteri ile ilişkilendirilmiş olan alt kriterlere ait değerlendirmeler yapılmış ve grup kararları alınmıştır.

Tablo 18: Dijital Dönüşüm Alt Kriterleri ve Grup Kararları

KRİTERLER	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	KRİTERLER	Geometrik Ortalama
Veri Güvenliği	7,00	8,00	6,00	0,13	0,33	5,00	9,00	4,00	7,00	7,00	8,00	5,00	3,00	5,00	Gizlilik	3,65
Gizlilik	0,11	0,13	0,14	0,25	0,33	2,00	0,11	0,17	0,13	0,14	0,13	0,11	0,50	0,17	Değişmezlik	0,20
Değişmezlik	0,11	0,13	7,00	0,25	0,13	1,00	9,00	0,17	1,00	0,25	7,00	0,14	2,00	0,14	Akıllı Sözleşmeler	0,56
Akıllı Sözleşmeler	9,00	8,00	0,25	0,11	3,00	0,25	0,33	7,00	7,00	6,00	0,13	5,00	2,00	6,00	Teknoloji Entegrasyonu	1,65
Teknoloji Entegrasyonu	0,11	8,00	2,00	0,11	3,00	5,00	3,00	6,00	1,00	0,14	0,13	3,00	1,00	0,17	Otomasyon	0,95
Otomasyon	0,11	0,13	0,33	0,11	0,13	1,00	0,33	0,20	0,13	0,25	7,00	0,11	0,33	1,00	Akıllı Sözleşmeler	0,29
Veri Güvenliği	0,11	8,00	4,00	9,00	0,33	5,00	9,00	0,17	1,00	0,20	9,00	0,11	1,00	1,00	Değişmezlik	1,22
Veri Güvenliği	0,11	0,13	8,00	9,00	0,20	4,00	9,00	7,00	5,00	0,17	9,00	0,11	4,00	0,14	Akıllı Sözleşmeler	1,25
Veri Güvenliği	7,00	8,00	8,00	9,00	4,00	4,00	9,00	7,00	4,00	0,20	0,11	0,14	7,00	6,00	Teknoloji Entegrasyonu	2,84
Veri Güvenliği	7,00	8,00	9,00	0,17	4,00	4,00	9,00	7,00	7,00	0,20	0,13	3,00	8,00	0,14	Otomasyon	2,17
Gizlilik	0,14	0,13	4,00	0,11	0,25	4,00	9,00	0,17	0,13	0,14	9,00	0,11	3,00	0,14	Akıllı Sözleşmeler	0,51
Gizlilik	0,17	0,13	2,00	0,11	2,00	3,00	9,00	0,14	0,17	0,20	0,11	1,00	2,00	0,25	Teknoloji Entegrasyonu	0,50
Gizlilik	0,17	0,13	6,00	0,11	6,00	4,00	9,00	0,14	0,25	0,20	0,11	1,00	1,00	0,14	Otomasyon	0,57
Değişmezlik	6,00	8,00	5,00	0,11	5,00	1,00	9,00	7,00	5,00	5,00	8,00	9,00	9,00	6,00	Teknoloji Entegrasyonu	4,33
Değişmezlik	8,00	8,00	5,00	0,11	5,00	2,00	9,00	7,00	6,00	5,00	0,13	9,00	9,00	0,14	Otomasyon	2,68

Yukarıdaki tablodan da görülebileceği üzere toplam 14 uzman ve akademisyen tarafından değerlendirilmiş olan ikili karşılaştırmalar neticesinde Dijital Dönüşüm ana kriteri ile ilişkilendirilmiş olan alt kriterlere ait grup kararları netleştirilmiştir.

Grup kararlarının hesaplanmasının ardından alt kriterlere ait önem ağırlıklarının birbirleriyle karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi hazırlanmıştır.

Tablo 19: Dijital Dönüşüm Alt Kriterleri Karşılaştırma Matrisi

KRİTERLER	VERİ GÜVENLİĞİ	GİZLİLİK	DEĞİŞMEZLİK	AKILLI SÖZLEŞMELER	TEKNOLOJİ ENTEGRASYONU	OTOMASYON	Görelî Önem (Kriter Ağırlıkları)
VERİ GÜVENLİĞİ	1,00	3,65	1,22	1,25	2,84	2,17	0,251
GİZLİLİK	0,27	1,00	0,20	0,51	0,50	0,57	0,066
DEĞİŞMEZLİK	0,82	5,09	1,00	0,56	4,33	2,68	0,254
AKILLI SÖZLEŞMELER	0,80	1,94	1,77	1,00	1,65	3,41	0,235
TEKNOLOJİ ENTEGRASYONU	0,35	1,99	0,23	0,61	1,00	0,95	0,099
OTOMASYON	0,46	1,77	0,37	0,29	1,05	1,00	0,095
TOPLAM	3,71	15,44	4,79	4,23	11,37	10,77	Tutarlılık Oranı: 0,045

Tablo 18’de gösterilen grup kararlarının ikili karşılaştırma matrisi üzerinde değerlendirilmesinin ardından alt kriterlere ait sütun toplamaları hesaplanmış ve normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisinin bulunmasının ardından yapılan değerlendirmeler neticesinde, belirlenen alt kriterlerin görelî önem ağırlıkları (w) hesaplanmıştır.

Tablo 19’da özetlenmiş olan alt kriterlere ait kriter ağırlıklarına (w) bakıldığında aşağıdaki değerlendirmelerde bulunabiliriz;

- Değişmezlik alt kriteri (0,254) satır ağırlığı ile Veri Güvenliği alt kriteri (0,251) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Veri Güvenliği alt kriteri (0,251) satır ağırlığı ile Akıllı Sözleşmeler alt kriteri (0,235) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Akıllı sözleşmeler alt kriteri (0,235) satır ağırlığı ile Teknoloji Entegrasyonu alt kriteri (0,099) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Değişmezlik alt kriteri (0,254) satır ağırlığı ile Dijital Dönüşüm ana kriteri ile ilişkilendirilmiş olan tüm alt kriterler arasında en önemli olanıdır diyebiliriz.

Belirlenen alt kriterlere ait göreceli önem ağırlıklarının hesaplanmasının ardından, yapılan değerlendirmelerin tutarlılığını ölçmek amacıyla tutarlılık analizi yapılmıştır. Yapılan bu çalışma neticesinde $\lambda_{\max} = 6,278$ olarak hesaplanmıştır. Ardından tutarlılık endeksinin (CI) bulunabilmesi amacıyla gerekli işlemler yapılarak tutarlılık endeksi 0,056 olarak hesaplanmıştır. $n=6$ olan karşılaştırma matrisimize karşılık gelen rassallık endeksi (RI) 1,24 olarak bulunmuştur. Ardından hesaplanan tutarlılık endeksinin (CI) bulunan rassallık endeksi (RI) verisine oranlanması sonucu tutarlılık oranı (CR) 0,045 olarak bulunmuştur. Dijital Dönüşüm ana kriteri ile ilişkilendirilmiş olan alt kriterlere ait ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı $(0,045) < 0,1$ olması nedeniyle yapılan değerlendirmelerin tutarlı olduğu söylenebilmektedir.

Dijital Dönüşüm ana kriterine ait alt kriterler arasında yapılan değerlendirmelerin ardından son olarak Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriteri ile ilişkilendirilmiş olan alt kriterlere ait değerlendirmeler yapılmış ve grup kararları alınmıştır.

Tablo 20: Tedarik Ağında İlişki Yönetimi Alt Kriterleri ve Grup Kararları

KRİTERLER	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	KRİTERLER	Geometrik Ortalama
Merkeziyetsizlik	0,14	0,13	6,00	1,00	8,00	0,25	1,00	7,00	1,00	7,00	0,13	7,00	9,00	0,11	Kayıt Tutma ve İşlem Yapma	1,17
Merkeziyetsizlik	0,14	0,13	5,00	1,00	1,00	0,33	1,00	0,13	8,00	6,00	8,00	0,33	2,00	0,13	Katılımcı Koordinasyonu	0,86
Kayıt Tutma ve İşlem Yapma	0,14	0,13	1,00	0,13	0,20	1,00	1,00	8,00	8,00	6,00	0,11	0,14	0,33	9,00	Katılımcı Koordinasyonu	0,71
Kayıt Tutma ve İşlem Yapma	3,00	0,14	0,14	0,13	4,00	3,00	0,11	8,00	3,00	4,00	0,11	0,14	0,11	9,00	Dolandırıcılığı Önleme	0,74
Merkeziyetsizlik	5,00	7,00	0,33	0,33	6,00	2,00	0,11	8,00	3,00	5,00	0,11	0,33	0,14	0,13	Dolandırıcılığı Önleme	0,94
Dolandırıcılığı Önleme	0,17	0,13	1,00	0,11	0,17	0,20	0,20	0,13	0,50	0,14	0,13	0,20	2,00	5,00	Şeffaflık	0,29
Gerçek Zamanlı Veri İzleme	5,00	8,00	0,33	0,13	5,00	5,00	8,00	7,00	1,00	0,14	9,00	5,00	0,50	0,20	Denetlenebilirlik	1,69
Denetlenebilirlik	6,00	8,00	0,25	0,13	1,00	4,00	9,00	0,14	0,33	0,25	0,11	1,00	1,00	8,00	Merkeziyetsizlik	0,96
Şeffaflık	0,17	8,00	4,00	0,13	0,20	6,00	1,00	0,14	0,25	0,25	9,00	1,00	3,00	3,00	Merkeziyetsizlik	0,96
Gerçek Zamanlı Veri İzleme	5,00	8,00	0,20	0,13	0,20	8,00	1,00	8,00	0,17	0,25	8,00	0,33	0,25	8,00	Merkeziyetsizlik	1,08
Şeffaflık	0,17	8,00	4,00	0,13	4,00	5,00	7,00	0,13	4,00	6,00	0,13	5,00	9,00	0,11	Kayıt Tutma ve İşlem Yapma	1,45
Gerçek Zamanlı Veri İzleme	5,00	7,00	1,00	0,13	6,00	6,00	7,00	8,00	0,25	0,33	8,00	5,00	2,00	0,13	Kayıt Tutma ve İşlem Yapma	1,89
Denetlenebilirlik	7,00	9,00	4,00	0,13	6,00	2,00	9,00	7,00	3,00	5,00	8,00	3,00	9,00	0,13	Kayıt Tutma ve İşlem Yapma	3,15
Şeffaflık	0,17	9,00	6,00	0,13	0,25	4,00	7,00	0,13	3,00	6,00	8,00	7,00	2,00	0,17	Katılımcı Koordinasyonu	1,51
Katılımcı Koordinasyonu	7,00	0,13	0,20	0,13	5,00	2,00	0,17	7,00	0,33	4,00	0,13	0,33	0,13	0,33	Dolandırıcılığı Önleme	0,59
Gerçek Zamanlı Veri İzleme	7,00	8,00	5,00	0,13	5,00	5,00	7,00	7,00	0,50	0,33	8,00	0,50	0,25	7,00	Katılımcı Koordinasyonu	2,17
Denetlenebilirlik	7,00	8,00	3,00	0,13	3,00	4,00	7,00	0,14	2,00	3,00	0,13	0,33	5,00	3,00	Katılımcı Koordinasyonu	1,63
Gerçek Zamanlı Veri İzleme	7,00	8,00	0,17	0,11	2,00	8,00	8,00	7,00	0,25	0,20	0,13	0,25	0,17	3,00	Dolandırıcılığı Önleme	0,98
Denetlenebilirlik	7,00	8,00	0,17	0,11	2,00	5,00	7,00	8,00	1,00	4,00	0,14	0,25	2,00	3,00	Dolandırıcılığı Önleme	1,56
Şeffaflık	0,20	8,00	6,00	0,11	0,25	0,20	0,13	8,00	0,50	5,00	8,00	7,00	9,00	0,33	Gerçek Zamanlı Veri İzleme	1,25
Şeffaflık	0,20	8,00	6,00	0,11	4,00	0,50	0,11	8,00	2,00	7,00	7,00	6,00	1,00	0,33	Denetlenebilirlik	1,53

Yukarıdaki tablodan da görülebileceği üzere toplam 14 uzman ve akademisyen tarafından değerlendirilmiş olan ikili karşılaştırmalar neticesinde Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriteri ile ilişkilendirilmiş olan alt kriterlere ait grup kararları netleştirilmiştir.

Grup kararlarının hesaplanmasının ardından alt kriterlere ait önem ağırlıklarının birbirleriyle karşılaştırıldığı ikili karşılaştırma matrisi hazırlanmıştır.

Tablo 21: Tedarik Ağında İlişki Yönetimi Alt Kriterleri Karşılaştırma Matrisi

KRİTERLER	MERKEZİYETSİZLİK	KAYIT TUTMA VE İŞLEM YAPMA	KATILIMCI KOORDİNASYONU	DOLANDIRICILIĞI ÖNEME	ŞEFFAFLIK	GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME	DENETLENEBİLİRLİK	Görelî Önem (Kriter Ağırlıkları)
MERKEZİYETSİZLİK	1,00	1,17	0,86	0,94	1,04	0,93	1,04	0,136
KAYIT TUTMA VE İŞLEM YAPMA	0,85	1,00	0,71	0,74	0,69	0,53	0,32	0,091
KATILIMCI KOORDİNASYONU	1,16	1,41	1,00	0,59	0,66	0,46	0,61	0,108
DOLANDIRICILIĞI ÖNEME	1,07	1,35	1,70	1,00	0,29	1,02	0,64	0,126
ŞEFFAFLIK	0,96	1,45	1,51	3,41	1,00	1,25	1,53	0,204
GERÇEK ZAMANLI VERİ İZLEME	1,08	1,89	2,17	0,98	0,80	1,00	1,69	0,175
DENETLENEBİLİRLİK	0,96	3,15	1,63	1,56	0,66	0,59	1,00	0,161
TOPLAM	7,08	11,42	9,58	9,22	5,14	5,78	6,82	Tutarlılık Oranı: 0,042

Tablo 20’de gösterilen grup kararlarının ikili karşılaştırma matrisi üzerinde değerlendirilmesinin ardından alt kriterlere ait sütun toplamaları hesaplanmış ve normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisinin bulunmasının ardından yapılan

değerlendirmeler neticesinde, belirlenen alt kriterlerin göreceli önem ağırlıkları (w) hesaplanmıştır.

Tablo 21’de özetlenmiş olan alt kriterlere ait kriter ağırlıklarına (w) bakıldığında aşağıdaki değerlendirmelerde bulunabiliriz;

- Şeffaflık alt kriteri (0,204) satır ağırlığı ile Gerçek Zamanlı Veri İzleme alt kriteri (0,175) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Gerçek Zamanlı Veri İzleme alt kriteri (0,175) satır ağırlığı ile Denetlenebilirlik alt kriteri (0,161) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Denetlenebilirlik alt kriteri (0,161) satır ağırlığı ile Merkeziyetsizlik alt kriteri (0,136) satır ağırlığına göre daha önemlidir,
- Şeffaflık alt kriteri (0,204) satır ağırlığı ile Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriteri ile ilişkilendirilmiş olan tüm alt kriterler arasında en önemli olanıdır diyebiliriz.

Belirlenen alt kriterlere ait göreceli önem ağırlıklarının hesaplanmasının ardından, yapılan değerlendirmelerin tutarlılığını ölçmek amacıyla tutarlılık analizi yapılmıştır. Yapılan bu çalışma neticesinde $\lambda_{\max} = 7,334$ olarak hesaplanmıştır. Ardından tutarlılık endeksinin (CI) bulunabilmesi amacıyla gerekli işlemler yapılarak tutarlılık endeksi 0,056 olarak hesaplanmıştır. $n=7$ olan karşılaştırma matrisimize karşılık gelen rassallık endeksi (RI) 1,32 olarak bulunmuştur. Ardından hesaplanan tutarlılık endeksinin (CI) bulunan rassallık endeksi (RI) verisine oranlanması sonucu tutarlılık oranı (CR) 0,042 olarak bulunmuştur. Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriteri ile ilişkilendirilmiş olan alt kriterlere ait ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı $(0,042) < 0,1$ olması nedeniyle yapılan değerlendirmelerin tutarlı olduğu söylenebilmektedir.

Sonuç olarak bu uygulama kapsamında incelenen literatür ve çalışmalardan elde edilen veriler ışığında toplam 18 kullanım kriterine ulaşılmış ve belirlenen tedarik zinciri yönetiminde blok zincir kullanım kriterleri “Performans”, “Dijital Dönüşüm” ve “Tedarik Ağında İlişki Yönetimi” olmak üzere 3 ana kriter ile sağlamış oldukları avantajlar ve özellikleri dikkate alınarak ilişkilendirilmiştir. Toplam 14 uzman ve akademisyen tarafından AHP uygulaması kapsamında yapılan değerlendirmeler neticesinde elde edilen verilere göre 3 ana kriter arasında yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriterinin 0,481 satır

ağırlığı ile tüm ana kriterler arasında en önemli olarak görülen kriter olduğu sonucuna varılmıştır. Bu kriteri ise sırasıyla 0,279 satır ağırlığı ile Dijital Dönüşüm ana kriteri ve 0,240 satır ağırlığı ile Performans ana kriteri izlemektedir. Yapılan değerlendirmeler neticesinde tedarik zinciri yönetiminde blok zincir kullanım kriterleri arasında 0,481 satır ağırlığı ile en önemli ana kriter olarak belirlenen Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriterinin alt kriterleri değerlendirildiğinde ise 0,204 satır ağırlığı ile Şeffaflık alt kriterinin, Tedarik Ağında İlişki Yönetimi ana kriteri ile ilişkilendirilmiş olan diğer alt kriterlere göre daha önemli olarak görüldüğü sonucuna varılmıştır.



SONUÇ

Bu tez kapsamında tedarik zinciri ağlarında blok zincir teknolojisinin ne olduğu, avantajları, kullanım alanları, ilişkili olduğu durumlar ve kullanım kriterleri araştırılmıştır. Paylaşılan, güvenli, merkezi olmayan defterlerin, akıllı sözleşmelerin ve güvenli ağların oluşturulmasını sağlayan blok zincir tabanlı tedarik zinciri yönetiminin evrimi sunulmuştur. Blok zincir teknolojisine ve tedarik zincirindeki uygulanabilirliğine genel bir bakışın yanı sıra, kuruluşların blok zincir teknolojisini benimsemesi için sağlanan avantajlar bu tezde özetlenmiştir. Bununla birlikte, blok zincir teknolojisinin diğer uygulamaları, özellikle iş uygulamaları, geçmişte yapılan bilimsel araştırmalarda nadiren ele alınmıştır. Ancak küreselleşmeyle birlikte artan dijital dönüşüm ihtiyacı kapsamında irdelenen teknolojik gelişmelerin sektörlere ve işletmelere olan etkisini incelemiş olan birçok çalışmada olduğu gibi blok zincir teknolojisindeki gelişmeler de akademik çalışmalarla desteklenerek uygulama açısından daha ileri noktalara taşınabilecek potansiyele sahiptir. Bu nedenle, blok zincir teknolojisinin farklı iş amaçları için benimsenmesini değerlendirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gibi gelişmelerin ve çalışmaların blok zincir teknolojinin hızlı bir şekilde kabul görmesine ve uygulama alanlarının genişlemesine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Bu araştırma kapsamında tedarik zinciri yönetiminde blok zincir kullanım kriterlerine ilişkin bir literatür taraması yapılmış ve 18 adet kriterden oluşan bir kriter seti oluşturulmuştur. Kriter setindeki verilerin ağırlıklandırılması ve değerlendirilmesi amacıyla 14 uzman ve akademisyenin katılımıyla bir AHP uygulaması yapılmıştır. Yapılmış olan bu uygulama blok zincir kullanım kriterlerinin tedarik zinciri yönetimindeki önem derecelerinin belirlenmesini mümkün kılmaktadır. Sonuç olarak bu çalışma ile tedarik zinciri yönetiminin mevcut iş akışları içerisinde kullanım potansiyeli bulunan blok zincir teknolojisinin kullanım kriterlerine yönelik bir değerlendirme yapılmıştır ve bu uygulama kapsamında tedarik zinciri katılımcılarının, blok zincir teknolojisi üzerine yatırımları konusunda kaynaklarını optimum seviyede kullanarak teknolojinin ihtiyaç duyulan özelliklerini değerlendirmeleri ve yatırımlarını bu özellikleri sağlayan yatırımlar üzerinde

yoğunlaştırmalarını sağlamak amacıyla belirlenen kriterler üzerinden bir yol haritası çizilmek istenmiştir.

Araştırmanın bir kısıtı olarak tez süreci içerisinde devam etmekte olan korona virüs kısıtları nedeniyle sektör içerisinde blok zincir kullanım faaliyetinde olan işletmelerle birebir görüşmeler gerçekleştirilememiştir ve uygulama bölümü konu hakkında bilgi sahibi olan değerli uzman ve akademisyenlerin bilgi ve yorumları sayesinde tamamlanmıştır. Bu durum ise gelecekte konu hakkında yapılacak çalışmalar açısından bir devam niteliğinde olabilecek olup tedarik zinciri yönetiminde blok zincir kullanım faaliyetinde bulunan firmalarla görüşmeler ve anketler yapılarak derinlemesine incelemeler yapmaya olanak sağlayacak niteliktedir. Bu kapsamda yapılacak olan yeni çalışmaların, tedarik zinciri yönetiminde blok zincir kullanım kriterlerine ilişkin daha detaylı bilgiler vereceği düşünülmektedir.

Kuruluşların, rekabette önde gelen blok zincir teknolojisini kullanarak avantaj elde etmeleri ve pazar konumlarını geliştirmelerini sağlayan birçok fırsat vardır. Ancak yöneticilerin, blok zincirinin benimsenmesine ihtiyaç duyup duymadıklarını veya bundan yeterince yararlanıp yararlanamayacaklarını belirlemek için ürünlerinin, hizmetlerinin ve tedarik zincirlerinin özelliklerini incelemeleri önemlidir. Ayrıca, kuruluşların bu teknolojinin uygulamalarını geliştirmelerine, uygulamalarına ve kullanmalarına olanak tanıyan insan sermayesi uzmanlığı oluşturmaları önemlidir.

KAYNAKÇA

Acar, A. Z. & Köseoğlu, A.M. (2020). *Lojistik Yaklaşımıyla Tedarik zinciri Yönetimi*. 3.Baskı. Ankara: Nobel Akademik yayıncılık. ss.45-49.

Akben, İ. & Çınar, S. (2018). Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminde Blok Zinciri: Vaatler, Uygulamalar Ve Engeller. (ss.1452-1456). *Anadolu I. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*. Diyarbakır. 28-29 Aralık.

Akleyek, S., Yıldırım, H. M., & Tok, Z. Y. (2011). Kriptoloji ve uygulama alanları: açık anahtar altyapısı ve kayıtlı elektronik posta. *Akademik Bilişim*. 713-718.

Aktaş, G. (2018). Akıllı sınır yaklaşımı çerçevesinde blok zinciri teknolojisinin gümrük işlemlerinde potansiyel kullanım alanları. *Gümrük Ticaret Dergisi*. 5(14):18-31.

Allam, Z. (2018). On smart contracts and organisational performance: A review of smart contracts through the blockchain technology. *Review of Economic and Business Studies*. 11(2): 137-156.

Ammous, S. (2016). Blockchain Technology: What is it good for? *SSRN Electronic Journal*. 2-8.

Ampel, B., Patton, M., & Chen, H. (2019). Performance modeling of hyperledger sawtooth blockchain. *In 2019 IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI)*. 59-61.

Apte, S. (2016). Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management?. *Journal of Excipients and Food Chemicals*. 7(3): 910.

Arıkan, N. (2020). *Para teorisi açısından kripto paraların ekosistemi kripto paraların ekosistemi*, (Doktora Tezi). İnönü Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.

Armknrecht, F. (2015). Ripple: Overview and outlook. *In International conference on Trust and Trustworthy Computing*. 163-180.

Atıcı, K. B. & 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.

Avunduk, H., & Aşan, H. (2018). Blok zinciri (blockchain) teknolojisi ve işletme uygulamaları: Genel bir değerlendirme. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 33(1): 369-384.

Ayberkin, D., Beştaş, M., & Özen, Ü. (2017). Blok zinciri ile gerçek zamanlı doğrulanabilir eğitim belgeleri. *İktisadi Yenilik Dergisi*. 5(2): 75-82.

Aycan, E., “MRP 2 (Manufacturing Resource Planning)”, 04.06.2015, <https://www.emsteknoloji.com/mrp-2-manufacturing-resource-planning/>, (Erişim Tarihi: 26.01.2022).

Aydar, M., & Çetin, S. (2020). Blokzincir teknolojisinin sağlık bilgi sistemlerinde kullanımları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 19: 533-538.

Bakan, İ., & Şekkeli, Z. (2019). Blok zincir teknolojisi ve tedarik zinciri yönetimindeki uygulamaları. *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*. 9(11): 2849-2879.

Bedük, M. (2009). *Tedarik Zinciri Yönetiminin İşletme Performansı Üzerine Etkisi: Örnek Olay Çalışması*. (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Konya. ss.97-98.

Bell, S. (2000). Do taxes and bonds finance government spending? *Journal of Economic Issues*. 34(3): 603-620.

Belu, M. (2020). Blockchain technology and customs procedures. *Romanian Economic Journal*. 23(78): 13-26.

Benaddi, H., & Ibrahimi, K. (2020). A Review: Collaborative Intrusion Detection for IoT integrating the Blockchain technologies. *IEEE.*, 1-6.

Benji, M., & Sindhu, M. (2019). A study on the Corda and Ripple blockchain platforms. In *Advances in Big Data and Cloud Computing. Springer.* 179-187.

Benli, V., & Vatan, T. (2018). Finansal sistemin tarihsel yapısı içinde blockchain uygulamaları'nın kökenleri ve kripto paraların geleceği üzerine düşünceler. *Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi.* 1(1): 53-64.

Bennett, R., & Miller, T. (2021). Hybrid approaches for smart contracts in land administration: Lessons from three blockchain proofs-of-concept. *Land.* 10(2): 220-226.

Bentov, I., Lee, C., Mizrahi, A., & Rosenfeld, M. (2014). Proof of activity: Extending bitcoin's proof of work via proof of stake. *ACM Sigmetrics Performance Evaluation Review.* 42(3):34-37.

Bhuvana, R., & Aithal, P. (2020). Blockchain based Service: A case study on IBM blockchain services & hyperledger fabric. *International Journal of Case Studies in Business, IT and Education (IJCSBE).* 4(1): 94-102.

Bierer, T. (2016). Hashing it out: Problems and solutions concerning cryptocurrency used as article 9 collateral. *Case W. Res. JL Tech. & Internet.* 7: 79.

Bogner, A., Chanson, M., & Meeuw, A. (2016). A decentralised sharing app running a smart contract on the ethereum blockchain. In *Proceedings of the 6th International Conference on the Internet of Things.* 177-178.

Bozic, N, Pujolle, G., & Secci, S. (2016). A tutorial on blockchain and applications to secure network control-planes. *2016 3rd Smart Cloud Networks Systems (SCNS).* 1-8.

Bradbury, D. (2014). Anonymity and privacy: A guide for the perplexed. *Network Security.* 10: 10-14.

Brodersen, C. (2016). Blockchain: Securing a new health interoperability experience. *Accenture LLP*. 1-11.

Brown, R. (2016). Corda: an introduction. *R3 CEV. August*. 1-15.

Bui, T., Cooper, D., Collomosse, J., Bell, M., Green, A., Sheridan, J., & Thereaux, O. (2020). Tamper-proofing video with hierarchical attention autoencoder hashing on blockchain. *Transactions on Multimedia*. 22(11): 2858-2872.

Bullón Pérez, J., Queiruga, A., & Gayoso, A. (2019). Traceability of ready-to-wear clothing through blockchain technology. *Computers & Industrial Engineering*. 136: 225-241.

Cachin, C. (2016). Architecture of the hyperledger blockchain fabric. *In: Workshop on Distributed Cryptocurrencies and Consensus Ledgers*. 310: 1-24.

Carson, B., Romanelli, G., vd., “Blockchain beyond the hype: What is the strategic business value?”, 19.06.2018, <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/blockchain-beyond-the-hype-what-is-the-strategic-business-value>, (Erişim Tarihi: 2.11.2021).

Celeste, V., & Corbet, S. (2020). Fractal dynamics and wavelet analysis: Deep volatility and return properties of Bitcoin, Ethereum and Ripple. *The Quarterly Review of Economics and Finance*. 76: 310-324.

Ceylan, M. (2019). *Bitcoin ekonomisi: Kripto para bitcoin'in finans sektörü içindeki yeri*, (Yüksek Lisans Tezi). Batman Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Batman.

Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the internet of things. *Special Section on the Plethora of Research in Internet of Things*. 4: 2292-2303.

Chopra, S. & Meindl, P. (2008). Supply Chain Management Strategies, Planning & Operations. *Pearson International Edition*.

Civelek, A. (2016). Konaklama İşletmelerinde Müşteri İlişkileri Yönetiminin İşletme Performansına Etkisi: 5 Yıldızlı Oteller Üzerine Bir Uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksek Okulu Dergisi*. 19(2): 233-253.

Copeland, M., Soh, J., Puca, A., Manning, M., & Gollob, D. (2015). Microsoft azure. *Apress*. 8-19.

Costinot, A., Vogel, J. & Wang, S. (2011). An Elementary Theory of Global Supply Chains. *Review of Economics Studies*. Oxford University Press. ss.109-144.

Crosby, M., Nachiappan, P., & Verma, S. (2016). BlockChain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation Review*. 2: 6-19.

CSCMP (Council of Supply Chain Management Professionals)., “CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary”, 23.11.2016, <http://cscmp.org/>, (Erişim Tarihi: 23.10.2021).

Çarkacıoğlu, A. (2016). Kripto-para bitcoin. *Sermaye Piyasası Kurulu Araştırma Dairesi*. 1-88.

Çalık, N. (2020). *Tedarik Zincirinde Blok Zincir Teknolojisi ve Uygulamaları*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul. ss.22-23.

Darianian, M. (2008). Smart home mobile RFID-based Internet-ofThings systems and services, in: 2008. *International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering*,116-120.

Dattani, J., & Sheth, H. (2019). Overview of blockchain technology. *Asian Journal of Convergence in Technology*. 5(1): 1-3.

De Giovanni, P. (2020). Blockchain and smart contracts in supply chain management: A game theoretic model. *ournal of Production Economics*. 228: 1-32.

Dedeoğlu, V., Jurdak, R., Dorri, A., & Lunardi, R. (2019). Blockchain Technologies for IoT. *Advanced Applications of Blockchain Technology*. 55-89.

Deloitte, “Using blockchain to drive supply chain innovation”, <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/blockchain-supply-chain-innovation.html>, (Erişim Tarihi: 2.11.2021).

Dhillon, V., & Metcalft, D. (2017). The Hyperledger Project. *Blockchain Enabled Applications*. 139-149.

Diedrich, H. (2016). Ethereum: Blockchains, digital assets, smart contracts, decentralized autonomous organization. *Sydney: Wildfire publishing*. 360.

Dierksmeier, C. (2018). Just HODL? On the moral claims of bitcoin and ripple users. *Humanistic Management Journal*. 3(1): 127-131.

Diffie, W., & Hellman, M. (2010). New directions in cryptography. *EEE transactions on Information Theory*. 22(6): 644-654.

Dinçer, C. (2009). Tedarik Zincirinde Sipariş İşleme Süreci. *Öneri Dergisi*. 8(31): 191-196.

Doğan, Ş. (2015). Dijital çağda paranın dönüşümü: Kripto para birimleri ve blok zinciri (Blockchain) teknolojisi: Üniversite öğrencilerine yönelik bir araştırma. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 8(3): 859-879.

Dudek, G. (2009). Collaborative Planning in Supply Chains. *Springer*. ss.9-17.

Dujak, D., & Sajter, D. (2018). Blockchain Applications in Supply Chain. *Smart Supply Network*. Springer. 32-42

Dutta, P., Choi, T., & Somani, S. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 142: 1-42.

Dwivedi, V., Deval, V., Dixit, & Norta, A. (2019). Blockchain-based smart-contract languages: A systematic literature review. *Preprint*. 10: 1-9.

Ecevit, Z. (2002). *Tedarik Zinciri Yönetiminin İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerindeki Etkileri*. (Doktora Tezi). Celal Bayar Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Manisa. ss.162-165.

Elminaam, D. S., Abdual Kader, H. M., & Hadhoud, M. M. (2010). Evaluating the performance of symmetric encryption algorithms. *Int. J. Netw. Secur.*, 10(3): 216-222.

Erdem, G. (2013). *Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamalarının Benimsenmesinin, Tedarik Zinciri ve İşletme Performansına Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Hitit Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Çorum. ss.18-31.

Erol, İ., Ar, İ.M., Özdemir, A.İ., vd. (2020). Assessing the feasibility of blockchain technology in industries: evidence from Turkey. *Journal of Enterprise Information Management*. 34(3):749-764.

Eyal, I., & Sirer, E. (2014). Majority is not enough: Bitcoin mining is vulnerable. *In Eighteenth International Conference on Financial Cryptography and Data Security*. 114: 436-454.

Felin, T. & Lakhani, K. (2018) What problems will you solve with Blockchain? *MIT Sloan Management Review*. 60(1):32–36.

Francisco, K., & Swanson, D. (2018). The supply chain has no clothes: Technology adoption of blockchain for supply chain transparency. *Logistics*. 2(1): 2.

Frizzo, J. (2020). Blockchain as a disruptive technology for business: A systematic review. *International Journal of Information Management*. 51: 1020-1029.

Froehler, M. (2017). Interhospital transfer before thrombectomy is associated with delayed treatment and worse outcome in the STRATIS registry (systematic evaluation of patients treated with neurothrombectomy devices for acute ischemic stroke). *Circulation*. 136(24): 2311-2321.

Fu, B., Shu, Z., & Liu, X. (2018). Blockchain enhanced emission trading framework in fashion apparel manufacturing industry . *Sustainability*. 10 (4): 1105-1109.

Ganeshan, R. & Harrison, T. (1995). *An Introduction to Supply Chain Management*.

Gerdan, D., Koç, C. & Vatandaş, M. (2020). Gıda Ürün İzlenebilirliğinde Blok Zinciri Teknolojilerinin Kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*. 16 (2): 8-14.

Gluhak, A., & Krco, S. (2011). A survey on facilities for experimental Internet of Things research. *IEEE Communications Magazine*. 49: 58-67.

Görkem, L., & Bozuklu, M. (2016). Nesnelerin interneti: Yapılan çalışmalar ve ülkemizdeki mevcut durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*. 13: 47-68.

Gu, S., & Hu, J. (2020). Research and Analysis for the Network Improvement with Blockchain and Historical Nihilism. *n 2020 3rd International Conference on Smart BlockChain (SmartBlock)*. 197-202.

Güçlü, K. (2019). *Blokszincir teknolojisi ve gümrük işlemlerinde blokszincir uygulama alanlarının incelenmesi*, (Ticaret Uzmanlığı Tezi). T.C. Ticaret Bakanlığı. Ankara.

Güleç, T. & Aktaş, H. (2019). Kriptopara birimleri piyasasında pump dump manipülasyonlarının iki aşamalı analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 33(3): 919-932.

Güleş, H. K., Ögüt, A. & Paksoy, T. (2005). İşletmelerde Tedarik Zinciri Yönetim Sistemi Etkinliğinin Artırılmasında Kurumsal Kaynak Planlaması'nın Rolü. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*. 5(9): 90-106.

Güner, H. (2005). *Bulanık AHP ve bir işletme için tedarikçi seçimi problemine uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Denizli. ss.42.

Haber, S., & Stornetta, W. (1990). How to time-stamp a digital document. *Conference on the Theory and Application of Cryptography*. 437-455.

Hao, W., Zeng, J., Dai, X., Xiao, J., Hua, Q. S., & Chen, H. (2020). Towards a trust-enhanced blockchain P2P topology for enabling fast and reliable broadcast. *IEEE Transactions on Network and Service Management*. 17(2): 904-917.

Hildenbrandt, E., Saxena, M., Rodrigues, N., Zhu, X., Daian, P., Guth, D., & Rosu, G. (2018). Kevm: A complete formal semantics of the ethereum virtual machine. *In 2018 IEEE 31st Computer Security Foundations Symposium (CSF)*. 204-217.

Hines, T. (2004). Supply Chain Strategies: Customer driven and customer focused. *Oxford: Elsenier*.

Hugos, M. H. (2011). *Essentials of Supply Chain Management*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc. 22-50

Iyer, S. C., Sedamkar, R. R., & Gupta, S. (2016). A novel idea on multimedia encryption using hybrid crypto approach. *Procedia Computer Science*. 79: 293-298.

İrak, G., & Topçu, Y. (2020). Tedarik zincirinde blok zinciri teknolojisinin uygulanmasının maliyetler üzerindeki etkisi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*. 16(1): 171-186.

İslam, A. (2019). *Blok zinciri teknolojisi ve kripto paralar: mevcut durum, potansiyel ve risk analizi*, (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Jain, J., Dangayach, G., Agarwal, G. & Banerjee, S. (2010). Supply chain management: literature review and some issues. *Journal of Studies on Manufacturing*. 1: 11-25.

Jaroodi, J., & Mohamed, N. (2019). Blockchain in Industries: A survey. *IEEE Access*. 7: 36500-36515.

Joancomarti, J. (2014). Research and challenges on bitcoin anonymity. *International Workshop on Data Privacy Management*. 3-16.

Joancomarti, J., Perez-Sola, C. & Donet, J.A. (2014). The Bitcoin P2P Network. *Proceedings of the 1st Workshop on Bitcoin Research*. 1-13.

Kakavand, H., Sevres, N., & Chilton, B. (2017). The blockchain revolution: An analysis of regulation and technology related to distributed ledger technologies. *SSRN*. 43-56.

Kamara, S., Papamanthou, C., & Roeder, T. (2012). Dynamic searchable symmetric encryption. *In Proceedings of the 2012 ACM conference on Computer and communications security*. 965-976.

Kapitonov, A., Berman, I., Lonshakov, S., & Krupenkin, A. (2018). Blockchain Based Protocol for Economical Communication in Industry 4.0. *Crypto Valley Conference on Blockchain Technology*. 41-44.

Karahan, Ç., & Tüfekçi, A. (2020). Blokzincir teknolojisinin dijital kimlik yönetiminde kullanımı: bir sistematik haritalama çalışması. *Politeknik Dergisi*. 23: 483-496.

Karaman, K. “İmalat Akış Yönetimi”, 16.01.2012, <https://tedarikzinciri.wordpress.com/2012/01/16/imalat-akis-yonetimi/>, (Erişim Tarihi: 26.01.2022).

Karlstrom, H. (2014). Do libertarians dream of electric coins? The material embeddedness of Bitcoin. . *Distinktion: Scandinavian Journal of Social Theory*. 15(1): 23-46.

Kawaguchi, N. (2019). Application of blockchain to supply chain: Flexible blockchain technology. *Procedia Computer Science*. 164: 143-148.

Kaya, H. (2019). *Sektörel ve operasyonel blokzincir uygunluk analizinde kullanılacak kriterlerin belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara. ss.13-45.

Keleş, B., & Ova, G. (2020). Gıda tedarik zinciri yönetiminde bilgi teknolojileri kullanımı. *ADÜ Ziraat Dergisi*. 17(1): 137-143.

Khan, S., Qianli, D. & Zhang, Y. (2017). Traditional Supply chain Vs. Cold Chain: Contribution in Global Carbon Emissions. *American Journal of Traffic and Transportation Engineering*. 6: 97-103.

Khaqqi, K., Hadinoto, K., & Kraft, M. (2018). ‘Incorporating seller/buyer reputation-based system in blockchain-enabled emission trading application. *Appl. Energy*. 209: 8-19.

Kırbaş, İ. (2019). Blokzinciri teknolojisi ve yakın gelecekteki uygulama alanları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 9(1): 75-82.

Kiayias, A., Russell, A., David, B., & Oliynykov, R. (2017). Ouroboros: A provably secure proof-of-stake blockchain protocol. *In Annual International Cryptology Conference. Springer*. 357-388.

Klun, S. (2009). Work-life balance is a cross-generational concern and a key to retaining high performers at Accenture. *Global Business and Organizational excellence*. 14-20.

Koç, E. (2020). Tedarik zinciri izlenebilirliği ve sürdürülebilirliğinde yeni paradigma: Blokzincir . *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 10(20): 417-440.

Korkmaz, Ö. (2010). *Müşteri İlişkileri Yönetiminin (Crm) Önemi: Bir Hastane Uygulaması*. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. İzmir. ss.25-29.

Kshetri, N. (2018). Blockchain’s roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*. 39: 80-89.

Kshetri, N. (2019). Blockchain and the economics of food safety. *IT Professional*. 21(3): 63-66.

Kumar, V., Ekwall, D., & Wang, L. (2016). Supply chain strategies for quality inspection under a customer return policy: A game theoretical approach. *Entropy*. 18(12): 440.

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

Küçük, O. (2011). *Lojistik İlkeleri ve Yönetimi*. Ankara: Seçkin Yayınları. ss.29

Laurie, B., & Clayton, R. (2004). Proof-of-work proves not to work; version 0.2. *In Workshop on Economics and Information Security*. 1-21.

Levi, S. & Kaminsky, P. (2001). Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies. *Journal of Business Logistics*. 22(1): 259-261.

Li, G., Li, L., Choi, T., & Sethi, S. (2019). Green supply chain management in Chinese firms: Innovative measures and the moderating role of quick response technology. *J. Oper. Manage.* 34-65.

Lin, I., & Liao, T. (2017). A survey of blockchain security issues and challenges. *IJ Network Security*. 19(5): 653-659.

Longo, F., & Nicoletti, L. (2019). Blockchain-enabled supply chain: An experimental study. *Computers & Industrial Engineering*. 136: 57-69.

Lu, L. X. & Swaminathan, J. (2015). Supply Chain Management. *International Encyclopedia of Social and Behavioral Sciences*. 2: 709-713.

- Lu, Y., Tang, Q., & Wang, G. (2018). Zebralancer: Private and anonymous crowdsourcing system atop open blockchain. *In 2018 IEEE 38th International Conference on Distributed Computing Systems*. 853-865.
- Lustig, C., & Nardi, B. (2015). Algorithmic authority: The case of bitcoin. *In 2015 48th Hawaii International Conference on System Sciences*. 743-752.
- Malkhi, D., & Reiter, M. (2008). Byzantine quorum systems. *Distributed Computing*, 11(4): 203-212.
- Maurer, B., Nelms, T., & Swartz, L. (2013). When perhaps the real problem is money itself!': The practical materiality of Bitcoin. *Social Semiotics*. 23(2): 261-277.
- Mik, E. (2017). Smart contracts: terminology, technical limitations and real world complexity. *Law, Innovation and Technology*. 9(2): 269-300.
- Mingxiao, D., Xiaofeng, M., & Zhe, M. (2017). A review on consensus algorithm of blockchain. *In 2017 IEEE international conference on systems, man, and cybernetics (SMC)*. 2567-2572.
- Mora, C., Rollins, R., Taladay, K., Kantar, M., & M.K, C. (2018). Bitcoin emissions alone could push global warming above 2 C. *Nature Climate Change*. 8: 931-933.
- Mülller, B., Elsmann, M., & Henglein, F. (2017). 'Automated execution of financial contracts on blockchains. *Bus. Inf. Syst. Eng*, 59(6): 457-567.
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. ss.1-8.
- Nyguen, T., Das, A., & Tran, L. (2019). NEO smart contract for drought-based insurance . *In 2019 IEEE Canadian Conference of Electrical and Computer Engineering*. 1-4.
- Oğuzhan, T., & Kiani, F. (2018). Blok zinciri teknolojisine yapılan saldırılar üzerine bir inceleme. . *Bilişim Teknolojileri Dergisi*. 11(4): 369-382.

Omar, I., Jayaraman, R., & Salah, K. (2020). Enhancing vendor managed inventory supply chain operations using blockchain smart contracts. *IEEE Access*. 8: 182704-182719.

Özaltın, O., & Ersoy, M. (2020). Kamu yönetiminde blokzincir kullanımı: D5 örneği. *Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*. 10(2): 746-763.

Özçifçi, V. (2009). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Bilişim Teknolojileri Kullanımı ve Performans İlişkisinin İncelenmesi*. (Doktora Tezi). Niğde Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Niğde. ss.71-73.

Özdemir, A.İ. (2004). Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri Ve Yararları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 23: 87-96

Özer, Y. (2019). *Kişisel verilerin korunmasında blok zinciri modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Bilgi Üniversitesi, Lisansüstü Programlar Enstitüsü, İstanbul.

Özilhan, D. (2010). Müşteri İlişkileri Yönetimi (MİY) Uygulamalarının İşletme Performansına Etkileri. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi*. 1:18-30.

Özyörük, B. (2008). Tedarik Zincirinde Ürün Dağıtımı için Üçüncü Taraf Kullanımı (3PL) ve Firma Seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 13(2): 65-73.

Paksoy, T. ve Altıparmak, F. (2003). Dağıtım Ağlarının Tasarımı Ve Eniyilemesi Kapsamında Tedarik Zinciri Ve Lojistik Yönetimine Bir Bakış: Son Gelişmeler Ve Genel Durum. *Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi*. 4(2): 152.

Peck, M. (2017). Blockchain world - Do you need a blockchain? This chart will tell you if the technology can solve your problem. *IEEE Spectrum*. 54: 38-60.

Pierro, M. (2017). What is the blockchain? *Computing in Science & Engineering*. 19(5): 92-95.

Pilkington, M. (2016). Blockchain technology: principles and applications. In *Research handbook on digital transformations*. Edward Elgar Publishing. 225-253.

Prasad S., Shankar R., vd. (2018). TISM Modeling of Critical Success Factors of Blockchain Based Cloud Services. *Management Research*. 15(4):438-443.

Ponis, S., GayIalis, S., Tatsiopoulou, I., Panayiotou, N., Stamatiou, D.R. & Ntalla, A. (2013). Modeling Supply Chain Processes: A Review and Critical Evaluation of Available Reference Models. *2nd International Symposium and 24th National Conference on Operational Research*. ss.270-276.

Queiroz, M., Telles, R., & Bonilla, S. (2019). Blockchain and supply chain management integration: a systematic review of the literature. *Supply Chain Manage.: Int. J.*, 25 (2): 241-254.

Rahmadika, S., Noh, S., Lee, K., Kweka, B. J., & Rhee, K. H. (2020). The dilemma of parameterizing propagation time in blockchain P2P network. *Journal of Information Processing Systems*. 16(3): 699-717.

Ray, P. (2020). Blockchain for IoT-based healthcare: background, consensus, platforms, and use cases. *IEEE Systems Journal*. 15(1): 85-94.

Rella, L. (2020). Steps towards an ecology of money infrastructures: materiality and cultures of Ripple. *Journal of Cultural Economy*. 13(2): 236-249.

Rijmenam, M., Schweitzer, J. & Williams, M.A. (2017). A Distributed Future:How Blockchain Affects Strategic Management, Organisation Design & Governance. *Academy of Management Annual Meeting Proceedings*. ss.5-15.

Rouhani, S., & Deters, R. (2017). Performance analysis of ethereum transactions in private blockchain. In *2017 8th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*. 70-74.

Saaty, T.L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*. 48: 9-26.

Saaty, T.L. & Vargas, L. G. (2011). The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process. *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh. 27-46.

Saberi, S. & Kouhizadeh, M., vd. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*. 57(7): 2119-2123.

Sajana, P., Sindhu, M., & Sethumadhavan, M. (2018). On blockchain applications: hyperledger fabric and ethereum. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 118(18): 2965-2970.

Saleh, F. (2021). Blockchain without waste: Proof-of-stake. *The Review of Financial Studies*. 34(3): 1156-1190.

Scott, C. & Westbrook, R. (1991). New Strategic Tools For Supply Chain Management. *International Journal Of Physical Distribution & Logistics Management*. 21: 23- 33.

Sevimli, O.T. (2007). Tedarik Zinciri Ortaklıklarında Bilgi Paylaşımının Faydaları ve Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul. ss.7-14.

Sevinç, N. (2008). Tedarik Zinciri Yönetiminde Bilgi Teknolojilerinin Kullanılması ve Önemi. (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Edirne. ss.72.

Shamout, M. (2019). Understanding blockchain innovation in supply chain and logistics industry. *Int. J. Recent Technol. Eng.*, 7(6): 616-622.

Sharma, A. (2018). Potential of Blockchain-enabled smart contract platforms for automated enforcement and dispute resolution. *PM World Journal*. 7(11): 1-10.

Sharples, M., & Domingue, J. (2016). The blockchain and kudos: A distributed system for educational record, reputation and reward. *Adaptive and Adaptable Learning: Proceedings of 11th European Conference on Technology Enhanced Learning*, 490-496.

Shermin, V. (2017). Disrupting governance with blockchains and smart contracts. *Strategic Change*. 26(5): 499-509.

Shoaib, M., Lim, M. & Wang, C. (2020). An integrated framework to prioritize blockchain-based supply chain success factors. *Industrial Management & Data Systems*.120(11): 2117-2118.

Shukla, R. K., Agarwal, A. & Garg, D. (2011). Understanding of Supply Chain: A Literature Review. *International Journal of Engineering Science and Technology*. 3(3): 2059-2070.

Smith, V., & Glauber, J. (2012). Agricultural insurance in developed countries: Where have we been and where are we Going? *Appl. Econ. Perspect. Policy*. 34(3): 363-390.

Stinson, D. (2005). Cryptography: theory and practice. *Chapman and Hall/CRC*, 1-3.

Supçiller, A.A & Çapraz, O. (2011). AHP-TOPSIS yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*. 13: 1-22.

Suyambu, G., & Anand, M. (2020). Blockchain—A most disruptive technology on the spotlight of world engineering education paradigm. *Procedia Computer Science*. 172: 152-158.

Swan, M. (2017). Anticipating the economic benefits of Blockchain. *Technology Innovation Management Review*. 7(10): 6–13.

Şen, E. (2019). Blok zincir teknolojisi ve akıllı şehir sistemleri. *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi*. 3(1): 1-9.

Tan, B., Yan, J., & Chen, S. (2018). The impact of blockchain on food supply chain: The case of walmart. *In International Conference on Smart Blockchain*. December. 167-177.

Tanrıverdi, M., Uysal, M., & Üstündağ, M. (2019). Blokzinciri teknolojisi nedir? Ne değildir? Alanyazın incelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*. 12(3): 203-217.

Tian, F. (2016). An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. *2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)*. ss.4-5.

Tikhomirov, A. (2018). Smartcheck: Static analysis of ethereum smart contracts. *In Proceedings of the 1st International Workshop on Emerging Trends in Software Engineering for Blockchain*. 9-16.

Timur, M. N., Başkol, M., Çekerol, G. S., & Suvacı, B. (2013). *Tedarik Zinciri Yönetimi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları. ss.10

Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. *Supply Chain Management: An International Journal*. 23(6):545–549.

Towill, D. R. (1997). The Seamless Supply Chain The Predator's Strategic Advantage. *International Journal Of Technology Management*. 13: 37-56.

Turgut, A. (2020). *Blokzinciri Teknolojisinin Tekstil Sektörüne Getirdiği Yenilikler*. (Yüksek Lisans Tezi). Bahçeşehir Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul. ss.3-5.

Tüfekci, A., & Karahan, Ç. (2019). Blokzincir teknolojisi ve kamu kurumlarınca verilen hizmetlerde blokzincirin kullanım durumu. *Verimlilik Dergisi*. 4: 157-193.

Türkmen, S., & Durbilmez, S. (2019). Blockchain teknolojisi ve Türkiye finans sektöründeki durumu. . *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*. 4(1): 30-45.

Türköz, Ö. (2007). *Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Gereksinim Planlaması* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul. ss.22.

Urk, H. (2016). *Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamalarının Tedarik Zinciri ve Şirket Performansı Üzerine Etkilerinin Ampirik Analizi*. (Doktora Tezi). Haliç Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul. ss.36-73.

Uyumsoft, “ERP Nedir?”, <https://www.uyumsoft.com/erp-nedir>, (Erişim Tarihi: 26.01.2022).

Ünal, G., & Ulusoy, Ç. (2020). Blok zinciri teknolojisi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*. 13(2): 167-187.

Ünsal, E., & Kocaoğlu, Ö. (2018). Blok zinciri teknolojisi: Kullanım alanları, açık noktaları ve gelecek beklentileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. (13): 54-64.

Valenta, M., & Sandner, O. (2017). Comparison of ethereum, hyperledger fabric and corda. *Frankfurt School, Blockchain Center.*, 21-43.

Varriale, V., vd. (2021). Sustainable Supply Chains with Blockchain, IoT and RFID: A Simulation on Order Management. *Sustainability* 2021. 13(6372): 10-16.

Vimal, S., & Srivatsa, S. K. (2019). A new cluster P2P file sharing system based on IPFS and blockchain technology. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1-7.

Vujičić, D., & Jagodić, D. (2018). Blockchain technology, bitcoin, and Ethereum: A brief overview. *17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA*. 1-6.

Vural, Y., & Sağiroğlu, Ş. (2010). Veritabanı yönetim sistemleri güvenliği: Tehditler ve korunma yöntemleri. *Politeknik Dergisi*. 13(2): 71-81.

Vyas, C., & Lunagaria, M. (2014). Security concerns and issues for bitcoin. *International Journal of Computer Applications*. 10-13.

Wang, S., & Qu, X. (2019). Blockchain applications in shipping, transportation, logistics, and supply chain. *In Smart transportation systems*. 225-231.

Xu, B., Luthra, D., Cole, Z., & Blakely, N. (2019). Eos: An architectural, performance, and economic analysis. *Retrieved June. 11*: 1-13.

Xu, P., Lee, J., vd. (2021). Blockchain as supply chain technology: considering transparency and security. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 51(3): 308-322.

Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). Blockchain technology overview. *National Institute of Standards and Technology*. 8202: 1-45.

Yang, X. M., Li, X., Wu, H. Q., & Zhao, K. Y. (2017). The application model and challenges of blockchain technology in education. *Modern distance education research*. 2: 34-45.

Yang, Z., & Lei, H. (2020). A formal process virtual machine for EOS-based smart contract security verification. *Springer*. 253-263.

Yayla, P. (2019). *Toplam Kalite Yönetimi ve Tedarik Zinciri Yönetimi Arasındaki İlişkinin Operasyonel ve İşletme Performansına Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi. İşletme Enstitüsü. Sakarya. ss.69

Yıldırım, F. (2015). Kripto paralar, blok zinciri teknolojisi ve uluslararası ilişkilere muhtemel etkileri. *Medeniyet Araştırmaları Dergisi*. 2(4): 81-97.

Yıldırım, Ö. (2019). *Dijital tedarik zincirinden blok zincir teknolojisine paradigma sıçraması ve dijital paralar*. (Yüksek Lisans Tezi). Hasan Kalyoncu Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Gaziantep.

Young, A., & Yung, M. (2004). Malicious cryptography: Exposing cryptovirology. *John Wiley & Sons. Summer*. 566-574.

Zalluhoğlu, A. Erhan. (2007). *Tedarik Zincir Yönetiminde Dış Kaynak Kullanımı*, (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. İzmir. ss.26.

Zelbst, P. (2019). The impact of RFID, IoT, and Blockchain technologies on supply chain transparency. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 8: 21-44.

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2017). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*. 14(4): 1-23.

Zhu, Q. & Kouhizadeh, M. (2019). Blockchain Technology, Supply Chain Information, and Strategic Product Deletion Management. *IEEE Engineering Management Review*. 47(1): 40-41.

Zorzi, M., Gluhak, A., & Lange, S. (2010). From today's Intranet of Things to a future Internet of Things: a wireless- and mobility-related view. *IEEE Wireless Communications*. 17: 43-51.