

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
TEMEL İSLAM BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
İSLAM HUKUKU BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSLAM BORÇLAR HUKUKU AÇISINDAN
AKILLI SÖZLEŞMELER

AHMET FARUK ŞENER

2501191676

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. MÜRTEZA BEDİR

İSTANBUL – 2021

ÖZ

İSLAM BORÇLAR HUKUKU AÇISINDAN AKILLI SÖZLEŞMELER

AHMET FARUK ŞENER

Blokszincir teknolojisi gelişmekte olan yapay zekâ, makine öğrenimi, nesnelerin interneti gibi yazılım ve donanım teknolojilerinin önemli bir alanını teşkil etmektedir. Blokszincir teknolojisiyle ilke olarak merkeziyetsiz güvenli depolama, doğrulama, iletişim ve bilgi ya da değer aktarımı sağlanmış ve üzerinde kurulabilecek birçok uygulamaya kapı aralamıştır. Bu uygulamalardan günümüzde belki de en önemlisini blokszincir 2.0 olarak tabir edilen akıllı sözleşmeler oluşturmaktadır. Bu çalışmada, akıllı sözleşmelerin üzerinde kurulduğu blokszincir teknolojisi ve Ethereum özelinde akıllı sözleşmelerin teknik işleyişi açıklanacak ve borçlar hukuku açısından analiz edilecektir. Bu analiz; sözleşme serbestisi, sözleşmenin kuruluşu, sözleşmenin tarafları, sözleşmelerde şekil şartları ve sözleşmelerde irade bozukluğu özelinde Türk Borçlar Hukuku ve İslam Borçlar Hukuku açısından yapılacaktır. Akıllı sözleşmeler sağlık, yönetim, devlet hizmetleri, sigorta gibi birçok alanda uygulama potansiyeline sahiptir. Özellikle bankacılık, finansal işlemler, ticaret, İslami Bankacılık ve İslami Finans alanları uygulamada öncelik kazanacaktır. Akıllı sözleşmelerin yaygınlaşması veya hukuki düzenleme yapılması sonucunda konunun İslam Hukuku açısından hükmünün ve fetvasının verilmesi gerekecektir. Bu bakımdan akıllı sözleşmelerin, genelde borçlar hukuku özelde ise sözleşme hukuku açısından incelenmesi önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı sözleşmeler, blokszincir, dağıtık defter, merkezi olmayan uygulamalar, borçlar hukuku, sözleşme hukuku.

ABSTRACT

SMART CONTRACTS IN TERMS OF ISLAMIC LAW OF OBLIGATIONS

AHMET FARUK ŞENER

Blockchain technology is an important area of developing software and hardware technologies such as artificial intelligence, machine learning, and the internet of things. With blockchain technology, decentralized secure storage, verification, communication and transfer of information or value has been provided in principle and has opened the door to many applications that can be built on it. Perhaps the most important of these applications today is the smart contracts called blockchain 2.0. In this study, the blockchain technology on which smart contracts are built and the technical functioning of smart contracts in Ethereum will be explained and analyzed in terms of law of obligations. This analysis; Freedom of contract will be made in terms of Turkish Law of Obligations and Islamic Law of Obligations in particular, the establishment of the contract, the parties to the contract, the form conditions in the contracts and the willpower in the contracts. Smart contracts have the potential to be applied in many areas such as health, governance, government services, insurance. Especially banking, financial transactions, trade, Islamic Banking and Islamic Finance areas will gain priority in practice. As a result of the widespread use of smart contracts or legal regulation, the decision and fatwa of the issue in terms of Islamic Law will have to be given. In this respect, it is important to examine smart contracts in terms of law of obligations in general and contract law in particular.

Keywords: Smart contracts, blockchain, distributed ledger, decentralized applications, law of obligations, law of contracts.

ÖNSÖZ

20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren üçüncü sanayi devrimiyle birlikte bilişim teknolojilerindeki gelişmeler hız kazanmıştır. Temelini kriptografi, dağıtık defter teknolojisi, mutabakat protokolleri, veri depolama gibi farklı bilişim alanlarının oluşturduğu blokzinciri teknolojisi bu gelişmeler arasında yerini almıştır. Blokzinciri verilerin dağıtık yapıda tutulmasıyla merkeziyetsizliğin sağlanmasını, verilere kötü niyetli müdahalelerin önlenmesini ve otomatikliği amaçlamaktadır. Blokzinciri fikrinin bir sonucu olarak ortaya çıkan ve varlık transferi sağlayan “akıllı sözleşme” blokzincirinin ikinci versiyonu olarak görülmektedir. Bu ikinci versiyonun ilk örneği Ethereum blokzinciridir. Akıllı sözleşmeler, blokzincirin özelliklerden kaynaklanan birtakım farklılıklar içermektedir. Mülkiyet, hasar ve tazmin sorumluluğu intikalinin esasını oluşturan ve sözleşmenin en temel konularından olan inikad meselesinin incelenmesi; sözleşme taraflarının ve irade sakatlığının tartışılması önem arz etmektedir. Nevazil kapsamında değerlendirilebilecek olan bu konunun Türk Borçlar Hukuku ile karşılaştırmalı olarak fikhî analizi literatürde tez formatında akademik bir çalışmaya henüz konu edilmemiştir. Elinizdeki çalışma, Ethereum blokzincirinde kurulan akıllı sözleşmelerin inikad anının tespitini, sözleşme taraflarını ve irade sakatlığını konu edinmektedir.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında pek çok kişinin katkısı bulunmaktadır. Öncelikle, tez konusunun belirlenmesinden yazılmasına kadarki tüm süreçlerde bilgi birikimi, tecrübesi ve yönlendirmesiyle çalışmaya katkı sağlayan ve teşvik eden; akademik hayatım boyunca desteğini hiç esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Mürteza Bedir’e müteşekkirim. Tezimi baştan sona titizlikle okuyarak kıymetli ilmi eleştirilerini benimle paylaşan değerli jüri üyelerim Süleyman Kaya’ya ve Murat Şimşek’e şükranlarımı sunarım. Kaynak hususunda desteklerini esirgemeyen kıymetli hocam İsmail Cebeci’ye ve bu zorlu süreçte her konuda bana yardımcı olan kıymetli hocam Ahmet Hamdi Furat’a teşekkürü borç bilirim. Ayrıca prosedürel süreçlerde desteğini esirgemeyen Batuhan Buğra Akartepe’ye ayrıca teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim sırasında yurt içinde yaptığım araştırmalarıma 2210-A Yurt İçi Genel Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında maddi destek sunan

TÜBİTAK’a, zengin kaynaklarından ve akademik çalışma ortamından istifade ettiğim İslam Araştırmaları Merkezi Kütüphanesi’nin nazik çalışanlarına teşekkür ederim.

Son olarak var olduğum günden beri maddi ve manevi tüm imkanlarını benim için seferber eden annem Bedriye Şener’e ve İzzet Şener’e; her daim yanımda olan abim Mahmut Şener’e ve ablalarım Hanife Babal’a ve Halime Şener’e; ilim yolculuğunda beni bu günlere getiren ve emeği geçen bütün hocalarıma şükranlarımı sunarım.

Bayrampaşa, 2021

Ahmet Faruk ŞENER

İÇİNDEKİLER

ÖZ	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
RESİMLER LİSTESİ	xii
KISALTMALAR LİSTESİ	xiii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

BLOKZİNCİR

I. Blokzincir Altyapısının Tarihsel Gelişim Süreçleri	9
A. Veri Yapılarının Tarihsel Gelişim Süreci	9
B. Ağ Teknolojilerinin Tarihsel Gelişimi	10
C. Blokzincir Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi	12
1. Bitcoin Öncesi	12
2. Bitcoin ve Sonrası	13
II. Blokzincir Teknolojisinin Teknik Kavramları	15
A. Kriptografi	16
1. Simetrik Şifreleme (Gizli Anahtarlı Şifreleme)	17
2. Asimetrik Şifreleme (Açık Anahtar Şifreleme)	18
B. Hashing (Özetleme)	19
C. Merkle Tree (Merkle Ağacı)	23

D. Blok.....	24
E. Çatallaşma (Fork).....	28
1. Geçici/Yumuşak Çatallaşma (Soft Fork)	29
2. Mecburi/Sert Çatallaşma (Hard Fork).....	30
F. Blokzincir Türleri	31
1. Açık Blokzinciri	32
2. Özel Blokzinciri (Private Blockchain)	34
G. Blokzincir Ekosistemi	36
1. Geliştiriciler.....	36
2. Ağ Katılımcıları	36
3. Kullanıcılar.....	37
4. Aracılar.....	37
5. İmalatçılar	38
6. Topluluklar.....	38
H. Mutabakat Protokolleri (Consensus)	38
1. Emeğin İspatı Protokolü (Proof of Work-PoW)	39
2. Hisse İspatı Protokolü (Proof of Stake-PoS).....	42
3. Delege Edilmiş Hisse İspatı (Delegated Proof of Stake-DPoS)	43

İKİNCİ BÖLÜM

ETHEREUM VE AKILLI SÖZLEŞMELER

I. Ethereum	45
A. Ethereum Sanal Makinesi	46
B. Ethereum Hesapları.....	48
C. Ethereum Blok	49
D. Ethereum Madenciliği.....	51

E. Ethereum Gas	56
F. İşlemler ve Mesajlar	57
II. Akıllı Sözleşmeler	62
A. Akıllı Sözleşmelerin Özellikleri	64
1. Güvenlik.....	64
2. Değişmezlik.....	65
3. Otomatiklik	65
4. Aracılara İhtiyaç Duymama	66
5. Dijital Dünya ile Sınırlı Olma	66
6. Masrafları Azaltma.....	67
7. Şeffaflık.....	67

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AKILLI SÖZLEŞMELERİN TÜRK BORÇLAR HUKUKU VE İSLAM BORÇLAR HUKUKU AÇISINDAN İNCELENMESİ

I. Akıllı Sözleşmeye Benzeyen Uygulamalar ve On Chain-Off Chain Ayrımı	68
II. Sözleşme Özgürlüğü Bağlamında Akıllı Sözleşmelerin İncelenmesi	74
III. Akıllı Sözleşmenin Kuruluşu	79
A. Doğrudan ve Dolaylı İrade Beyanı	80
B. Açık ve Örtülü İrade Beyanı	81
C. İrade Beyanlarının Birbirine Uygunluğu, Uyuşmazlığı ve İrtibatı (Sözleşme Meclisi)	83
1. İrade Beyanlarının Birbirine Uygunluğu ve Uyuşmazlığı	83
2. İrade Beyanlarının İrtibatı (Sözleşme Meclisi)	87
D. Akıllı Sözleşmelerde İcap ve Kabul	90
1. İcap	90

2. Akıllı Sözleşmede İcap ve İcaba Davet Ayrımı	91
3. İcabın Sona Ermesi	96
4. Kabul	98
E. Akıllı Sözleşmenin Kurulduğu An	99
IV. Sözleşmenin Tarafları	106
A. Genel olarak	106
B. Akıllı Sözleşmenin Tarafları	108
V. Sözleşmelerde Şekil Şartı	111
A. İradi Şekil	112
B. Kanuni Şekil	113
1. Adi Yazılı Şekil	113
2. Resmi Şekil	117
C. Şekle Aykırılık	119
VI. İrade Bozukluğu	120
A. Yanılma	121
1. Beyan Yanılması	122
2. Saik Yanılması	123
3. Akıllı Sözleşmelerde Yanılma	123
B. Akıllı Sözleşmelerde İrade Bozukluklarının Hukuki Sonuçları	126
VII. İslam Hukuku'na Göre Akıllı Sözleşmelerin Hükmüne İlişkin Görüşler	128
SONUÇ	132
KAYNAKÇA	140
EKLER	162

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1: SHA Özetleme Algoritmalarının Özellikleri.....	30
Tablo 2.1: Harici Hesaplar Arası Fon Transferi İşlemlerinin İçeriği.....	69
Tablo 2.2: Ethereum Üzerinde Sözleşme Oluşturma ve Dağıtma Amacıyla Yapılan İşlemlerin İçeriği.....	70
Tablo 2.3: Oluşturulmuş ve Dağıtılmış Sözleşmeye Komut Göndererek Sözleşmeyi Çalıştırma Amacıyla Yapılan İşlemlerin İçeriği.....	71



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: Simetrik Şifreleme.....	25
Şekil 1.2: Asimetrik Şifreleme.....	26
Şekil 1.3: Dijital İmza.....	27
Şekil 1.4: Merkle Ağacı.....	32
Şekil 1.5: Blok Yapısı.....	34
Şekil 1.6: Geçici/Yumuşak Çatallanma ve En Uzun Blokzinciri.....	38
Şekil 1.7: Mecburi/Sert Çatallanma.....	38
Şekil 2.1: Ethereum Blokzincirinin Parçalanmış Hali.....	63
Şekil 2.2: Ölçeklenebilirlik, Güvenlik ve Merkeziyetsizlik Üçlemi.....	64
Şekil 2.3: Harici Hesaplar Arası Fon Transferi.....	68
Şekil 2.4: Ethereum Üzerinde Sözleşme Oluşturma ve Dağıtma.....	69
Şekil 2.5: Oluşturulmuş ve Dağıtılmış Sözleşmeye Komut Göndererek Sözleşmeyi Çalıştırma.....	71
Şekil 2.6: Harici Hesap Tarafından Yazılan Bir Sözleşmenin Başka Bir Sözleşmeye Komut Göndermesi.....	72

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1: Ethereum Blokzincirine Eklenen 13.070.337'nci Blok.....	60
Resim 2.2: Akıllı Sözleşme Örneği.....	75



KISALTMALAR LİSTESİ

AAOIFI	: Accounting and Auditing Organization for Islamic Financial Institutions
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
bkz.	: Bakınız
DLT	: Distributed Ledger Technology
DPoS	: Delegated Proof of Stake
EDI	: Electronic Data Interchange
Ek	: Elektronik İmza Kanunu
ELÜS	: Elektronik Ürün Senetleri
EVM	: Ethereum Virtual Machine
GHOST	: Greedy Heaviest Observer Subtree
md.	: Madde
NFT	: Non-Fungible Token
PoW	: Proof of Work
PoS	: Proof of Stake
P2P	: Peer to Peer
SHA	: Secure Hash Algorithm
STK	: Sivil Toplum Kuruluşu
TAKBİS	: Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi
TBK	: Türk Borçlar Kanunu
TCMB	: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TMK	: Türk Medeni Kanunu
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UTC	: Coordinated Universal Time

GİRİŞ

I. Çalışmanın Konusu ve Önemi

Üçüncü sanayi devriminde dijital hayata geçişte belki de en önemli adım sayılabilecek internetin ve internet ağının 1990'lı yıllarda yaygınlaşmaya başlamasıyla iletişim, ticaret, finans, yönetim ve farklı endüstri alanlarında değişimler yaşanmıştır. İnternete dayalı teknolojiler sağladıkları kolaylıklarla birlikte beraberinde merkezi yapıları getirmiştir. İnternetin gelişmesiyle bağlantılı olarak temelini kriptografi, dağıtık defter teknolojisi, mutabakat protokolleri, veri depolama teknolojileri üzerine yapılan çalışmaların oluşturduğu blokzinciri teknolojisi 2008 yılından beri gelişmeye ve yaygınlık kazanmaya devam etmektedir. Blokzinciri teknolojisi, geçiş sürecinde olduğumuz dördüncü sanayi devrimine yönelik gerçekleşen yapay zekâ, nesnelerin interneti, makine öğrenimi, büyük veri, sanal gerçeklik gibi teknolojik gelişmeler arasında yerini almıştır. Bu teknolojinin fikri temelleri 1990'lara dayansa da Bitcoin kripto biriminin tanıtıldığı 2008 yılına kadar tam olarak uygulama alanı bulamamıştır.

Blokzinciri teknolojisi artık insanların merkeziyetsiz ve dağıtık ağ yapısı olarak kullandığı bir platform halini almıştır. Bu teknoloji, Bitcoin ile ilk defa uygulamaya konulduğunda merkeziyetsiz ve üçüncü kişilerin müdahalesine kapalı bir altyapı kurulmuştur. Bu altyapı, insanların kendi malvarlıkları üzerinde bağımsız olmalarını amaçlamıştır. Blokzinciri 1.0 olarak ifade edilen ve sadece kripto birim transferi üzerine kurulan blokzinciri platformları zamanla yerini, blokzinciri 2.0 olarak ifade edilen, varlık transferi sağlayan, üzerinde merkeziyetsiz uygulamalar ve akıllı sözleşmeler kurulmasını mümkün kılan blokzinciri platformlarına bırakmıştır. Blokzinciri 2.0'ın ilk ve en büyük platformu 2013 yılında temelleri atılan Ethereum blokzinciridir. Ethereum blokzincirinin desteklenmesi, geliştirilmesi, ölçeklendirilmesi ve şirketler, resmî kurumlar, bankalar, borsalar gibi büyük ölçekli kuruluşların Ethereum blokzincirine uyum sağlaması ya da Ethereum blokzinciri üzerinde özel kurumsal blokzincirler kurması için Enterprise Ethereum Alliance kurulmuştur. Üyeleri arasında Microsoft, J.P Morgan Chase Bank, Kanada Ulusal

bankası gibi büyük kuruluşların olması Ethereum'un önemini gözler önüne sermektedir. Bunun yanı sıra genel anlamda blokzincir teknolojisi üzerine yoğunlaşan ortaklıklar kurulmaktadır. Bu ortaklıklardan biri olan "Avrupa Blokzinciri Ortaklığı" ile Avrupa Birliği yasalarına tam uyumlu blokzinciri modelleri geliştirilmesi amaçlanmaktadır.¹ Türkiye'de "TÜBİTAK BİLGEM Blokzinciri Araştırma Laboratuvarı" ve TÜBİTAK, Ticaret Bakanlığı, bazı STK'lar ve Üniversiteler iş birliğiyle "Blockchain Türkiye Platformu" kurulmuştur.² Abu Dhabi Islamic Bank blokzinciri ile ticaret finansmanı sağlayarak bu teknolojiyi uygulamaya koyan ilk İslam bankası olmuştur.³ Blokzinciri teknolojisi, akıllı sözleşmeler ve merkeziyetsiz uygulamalar üzerinde yapılan çalışmalar, kurulan iş birlikleri ve bazı ülkelerde yapılan yasal düzenlemeler⁴ konunun ne denli önemsendiğini göstermektedir.

2013 yılından günümüze gelişimini sürdüren blokzinciri 2.0, akıllı sözleşmeler fikri ile ortaya çıkmıştır. Akıllı sözleşmeler genel bir kavramdır ve blokzincir üzerinde kurulacak merkeziyetsiz uygulamaları da kapsamaktadır. Ethereum blokzincirinde hukuki sonuç doğurmaya yönelik yapılan işlemleri ifade eden akıllı sözleşmelerin Türk Borçlar Hukuku ve İslam Borçlar Hukuku açısından kurulma anı çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Ethereum blokzinciri özelinde akıllı sözleşmelerin teknik işleyişi incelenerek Türk Borçlar Hukuku ve İslam Borçlar Hukuku açısından inikad anının tespit edilmesi, geleneksel sözleşmelerde ortaya konan inikad teorilerine uyumunun incelenmesi amaçlanmaktadır.

Akıllı sözleşmeler, gelişmesiyle ve yaygınlaşmasıyla birlikte bankacılık, finans, uluslararası ticaret, sağlık, e-devlet hizmetleri, akıllı yönetim gibi birçok alanda bireylerin hayatlarına etki edecek, ulusal ve uluslararası birçok uygulamayı yeniden şekillendirecektir. Özellikle ekonomik, finansal ve ticari konularda uygulama alanı bulacaktır. Bu anlamda, akıllı sözleşmelerin İslami Bankacılık ve

¹ European Commission, "European Blockchain Partnership" (Erişim 23 Ağustos 2021).

² Blockchain Türkiye Platformu, "İş Birlikleri", ts.

³ KoinFinans, "ADIB, Blockchain Teknolojisini Kullanan İlk Katılım Bankası Oldu" (Erişim 23 Ağustos 2021).

⁴ Hukuk, Düzenlemeler ve Kamu İlişkileri Çalışma Grubu, *Dünyadan Blokzinciri Regülasyonları ve Uygulama Örnekleri* (Türkiye Bilişim Vakfı, Şubat 2019); Illinois General Assembly, "Financial Regulation: Blockchain Technology Act" (Erişim 23 Ağustos 2021).

Finans alanlarına uyum sağlayabilmesi ve finansal teknolojiler (FinTech) kapsamında geliştirilebilmesi için İslam Borçlar Hukuku özelinde incelenmesi gerekmektedir. Akıllı sözleşme ile tarafların arzu ettiği sonuçların güvence altında olması için yapılan işlemin hukuken bağlayıcı olması gerekmektedir.⁵ Ayrıca, akıllı sözleşmelerin hükmünün tespiti ve fetvasının verilmesi gerekecektir. Bu bakımdan mülkiyet, hasar ve tazmin sorumluluğu intikalinin esasını oluşturan ve sözleşmenin en temel konularından olan inikad meselesinin akıllı sözleşmeler bağlamında incelenmesi önem arz etmektedir.

II. Çalışmanın Amacı ve Sınırları

Akıllı sözleşmelerin yasal düzenlemelere konu olması, uluslararası büyük şirketlerin ve kuruluşların akıllı sözleşmeler üzerinde çalışmaları, katılım bankalarının bu teknolojiyi uygulamaya koyması veya çalışmalarını sürdürmesi, Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi'nin⁶ blokzinciri ve akıllı sözleşmeler ile ilgili çalışmalar yürütmesi konunun hukuki ve fıkhi açıdan analiz edilmesini gerekli kılmıştır. Bu çalışmanın amacı, Ethereum blokzinciri özelinde akıllı sözleşmelerin teknik işleyişi incelenerek Türk Borçlar Hukuku ve İslam Borçlar Hukuku açısından kurulma anının tespiti ve akıllı sözleşmelerin teknik yapısının ilgili hukuk esaslarıyla çatıştığı noktaların analiz edilmesidir.

Akıllı sözleşmelerin hukuki ve fıkhi niteliğinin tespiti için öncelikle altyapıyı oluşturan blokzinciri teknolojisinin teknik kavramlarının ve işleyişinin açıklanması gerekmektedir. Bu anlamda, birinci bölümde öncelikle blokzinciri teknolojisinin tarihsel arka planına değinilmekte, akabinde teknik kavramları ve işleyişi açıklanmaktadır. Blok yapısı, madencilik gibi bazı kavramların daha iyi anlaşılabilmesi için konu Bitcoin özelinde incelenmektedir. Nitekim, blokzinciri teknolojisi farklı platformlarda farklı işleyebilmekte ve teknik kavramlar değişiklik gösterebilmektedir. Bitcoin platformunun tercih edilme sebebi ise bu teknolojinin kendisiyle uygulamaya konulmasıdır.

⁵ Eyüp Kun, "Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions", *Bilişim Hukuku Dergisi* 3/1 (30 Haziran 2021), 149.

⁶ Murat Şimşek, Samar Mahmut, "İslami Finans Açısından Blokzincir Teknolojisi", *İslami Finans ve Finansal Teknolojiler (Fintech): Blokzincir-Akıllı Sözleşmeler-Kripto Paralar* (Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi Yayınları, 2020), 81.

İkinci bölümde öncelikle Ethereum blokzincirinin teknik kavramları, işleyişi ve geleceği ele alınmaktadır. Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için Ethereum blokzinciri ile akıllı sözleşmelerin teknik işleyişi ilk kısımda bir arada incelenmiştir. Birinci bölümden farklı olarak Ethereum blokzincirine ve akıllı sözleşmelere özel kavramlar ve gelişmeler dikkate alınmaktadır. Bu bölümün ikinci kısmında ise akıllı sözleşmelerin fikri temelleri anlatılmakta, kuruluşu ve teknik işleyişi özetlenmekte ve ön plana çıkan özelliklerine değinilmektedir.

Üçüncü bölümde öncelikle akıllı sözleşmenin sınırları belirlenmektedir. Ürün otomatları, elektronik sözleşmeler ve otomatik işlemler ile arasındaki farklara değinilmektedir. Akıllı sıfatıyla ne kastedildiği dikkat çekilmektedir. Akıllı sözleşmeler ile kripto birimleri arasındaki ilişki incelenmektedir. Akıllı sözleşmenin sınırları belirlendikten sonra sözleşme serbestisi ve ibaha-yı asliyye çerçevesinde hukuki ve fıkhi meşruiyeti tartışılmaktadır. Akabinde akıllı sözleşmenin kurulma anını tespit edebilmek için irade beyanlarını teşkil eden icap, icaba davet ve kabul akıllı sözleşme özelinde ayrıntılı bir şekilde incelenmekte ve kurulma anı tespit edilmektedir. Akıllı sözleşmelerin teknik yapısının hukuki ve fıkhi esaslarla çatıştığı önemli noktalardan olan sözleşmenin taraflarının tespiti, sözleşmelerde şekil şartları ve yanılma (galat) özelinde irade bozukluğu ele alınmaktadır. Çalışma, çağdaş İslam hukukçularının akıllı sözleşmelerle ilgili görüşlerine yer vererek tamamlanmaktadır.

III. Literatür Değerlendirmesi

Çalışma, akıllı sözleşmeleri Türk Borçlar Hukuku ve İslam Borçlar Hukuku açısından incelediği için literatür değerlendirmesi yapılırken her iki konuya ait çalışmalar incelenecektir. Akıllı sözleşmeler 2014 yılında uygulamaya konulduğu için konuyu borçlar hukuku ve fıkıh açısından ele alan Türkçe ve Arapça kaynaklar kısıtlıdır. Konunun hukuki boyutunu ele alan literatürün önemli bir kısmını İngilizce kaynaklar oluşturmaktadır. Malezya ve Birleşik Arap Emirlikleri konunun fıkhi açıdan İngilizce olarak ele alınmasında ön plana çıkmaktadır. Türkçe literatürde hukuk çerçevesinde konuyu ele alan kitaplar ve makaleler bulunmaktadır. Tez seviyesinde ise bir tane yüksek lisans çalışması yer almaktadır. Arapça literatürde konuyu fıkhi açıdan ele alan çalışmalar genellikle İslam Fıkıh Akademisi gibi

kuruluşların katılımcıları tarafından kaleme alınmaktadır. Ayrıca İngilizce literatürde konuyu fıkhi olarak ele alanlar İslam iktisadı ve finansı üzerine yoğunlaşmaktadırlar.

Çalışmanın teknik ayrıntılarının anlatıldığı blokzinciri, Ethereum ve akıllı sözleşmeleri içeren birinci ve ikinci bölümler için öncelikle kendi web sitelerinde yer alan *White Paper*'lar, sistem geliştiricilerinin hazırladıkları dijital dokümanlar dikkate alınmıştır. Bu çalışmaların başında Satoshi Nakamoto'nun *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System* isimli dijital dokümanı ve Ethereum blokzincirinin *White Paper*'ı yer almaktadır. Bunun yanı sıra, medium, binance academy gibi blog sayfalarında yayınlanan veya araştırma gruplarının yayınladığı web sitesi içerikleri; Blockchain Türkiye Platformu ve Bankalar Arası Kart Merkezi tarafından yayımlanan dijital yayınlar incelenmiştir. Bu dijital yayınlar içerisinde Ahmet Usta ve Serkan Doğantekin'in *Blockchain 101 v.2* isimli eseri, Turan Sert'in *Sorularla Blockchain* isimli eseri ön plana çıkmaktadır. Ayrıca Chris Dannen'in *Introducing Ethereum and Solidity: Foundations of Cryptocurrency and Blockchain Programming for Beginners* isimli eseri, Doğa Özcan'ın *Blokszincir Mimarisi ve Merkezi Olmayan Uygulamalar* isimli eseri, Daron Dededeoğlu'nun *A'dan Z'ye Blockchain* isimli eseri, Vedat Güven ve Erkin Şahinöz'ün *Blokszincir Kripto Paralar Bitcoin* isimli eseri, Gonca Atıcı'nın *Dijital Ekonomi Blokszinciri ve Finansal Sistem* isimli eseri, Hakan Atabaş'ın *Blokszinciri Teknolojisi ve Kripto Paraların Hayatımızdaki Yeni Yeri* isimli eseri, Erol User ve Ali Sina User'in *Blokszinciri Yeni Bir Ekonomi Modeli* isimli eseri kitap formatında incelenen kaynaklar arasında yer almaktadır.

Konunun hukuki ve fıkhi boyutuna gelince; fıkhi boyutu ile ilgili İslam Fıkıh Akademisi'nin 24. toplantısında akıllı sözleşme ile ilgili sunulan bildiriler ön plana çıkmaktadır. Bu bakımdan, İyâşi es-Sadık'ın *el-Ukûdü'z-Zekiyye* isimli eseri, Monzer Kahf ve Muhammed Şerif'in *el-Ukûdü'z-Zekiyye* isimli eseri, İnsaf Eyüp el-Mûnî'nin *el-Ukûdü'z-Zekiyye Mefhûmuha ve Mümeyyizâtüha ve Erkânüha* isimli eseri, Ömer Cümeylî'nin *el-Ukûdü'z-Zekiyye Vâkı'uha ve Alâkatüha bi'l-Umlâti'l-İftiraziyye* isimli eseri, Gassan Salim et-Talib'in *el-Umlâtu'r-Rakmiyye ve Alâkatüha bi'l-Ukûdi'z-Zekiyye* isimli eseri, Ahmet Hasen'in *er-Ru'yetü'l-Makasidiyye li'l-Ukûdi'z-Zekiyye* isimli eseri ve Kutup Mustafa Sânu'nun *el-Ukûdü'z-Zekiyye fi*

Davi'l-Usûl ve'l-Makasîd ve'l-Maâîlât isimli eseri incelenmiştir. Bunun yanı sıra Albaraka'nın 39. İslam İktisadî Toplantısı'nda akıllı sözleşmeler ile ilgili Miyan Nezir'in *Smart Contracts* ismiyle ve Ahmed Halid'in *Mukaddime ani'l-Ukûdi'z-Zekiyye* ismiyle kaleme aldıkları eserler de incelenmiştir. Ayrıca Nafis Alam ve Lokesh Gupta'nın *Fintech and Islamic Finance* isimli kitap bölümü ve Murat Şimşek ve Mahmut Samar'ın İslami Finans Açısından Blokzincir Teknolojisi isimli kitap bölümü incelenmiştir.

Konuyu hukuki boyutu ile ilgili M. Kemal Oğuzman ve M. Turgut Öz'ün *Borçlar Hukuku Genel Hükümler* isimli kitabı, Fikret Eren'in *Borçlar Hukuku Genel Hükümler* isimli kitabı, Pınar Çağlayan Aksoy'un *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları* isimli kitabı, Berk Kapancı'nın *Özel Hukuk Penceresinden Blokzincir: "Sanal Para" Değerleri ve "Akıllı Sözleşmeler" Üzerine Değerlendirmeler* isimli kitap bölümü, Osman Gazi Güçlütürk'ün *Blokzincir ve Regüle Edilebilirlik* isimli kitap bölümü, Elif Küzeci'nin *Blokzinciri, Hukuk ve Kişisel Verilerin Korunması: Yeni Bir Güven Mekanizması Kurmak Olanaklı mı?* isimli kitap bölümü Dilşah B. Kartal'ın *Smart Contracts* isimli bildirisi, Mete Tevetoğlu'nu *Ethereum ve Akıllı Sözleşmeler* isimli makalesi, Mesut Serdar Çekin'in *Borçlar Hukuku ile Veri Koruma Hukuku Açısından Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler Hukuk Düzenimizde Bir Paradigma Değişimine Gerek Var mı?* isimli makalesi, Eyüp Kun'un *İngiliz Hukukunda Akıllı Sözleşmelerde Borcun İfasında Israr Etmek Gerekir mi?: Olası Sorunlar ve Çözüm Önerileri* isimli makalesi, Ecem Kirit'in *Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası* isimli makalesi, Cemal Araalan'ın *Akıllı Sözleşmeler* isimli makalesi, Coşkun Genç'in *Akıllı Sözleşmelerin Hukuki Geleceği Hakkında Değerlendirme* isimli makalesi; Damla Beril Çubukçu'nun *Teknik ve Hukuki Yönleriyle Akıllı Sözleşmeler* isimli yüksek lisans tezi, Ezgi Elife Pilavcı'nın *The Regulation of Smart Contracts Law, Governance and Practice* isimli yüksek lisans tezi incelenen eserler arasında yer almaktadır.

Pınar Çağlayan Aksoy'un kaleme aldığı *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları* isimli kitap, bu çalışmanın en önemli kaynağıdır. Bu kitap, akıllı sözleşmeleri Türk, İsviçre ve Alman Hukuku bağlamında incelemektedir. Birinci

bölümde blokzincir ve akıllı sözleşmelerin teknik boyutunu ele almakta; ikinci ve üçüncü bölümlerde hukuki açıdan incelemektedir. Akıllı sözleşmelerin kurulması aşamasında özel hukuka ilişkin çıkabilecek sorunları ele almaktadır. Sözleşme kuruluşuna ilişkin yapılan açıklamalar hukuki açıdan yeterli ve istifadeli olmakla birlikte akıllı sözleşmelerin hukuki yönü ile teknik işleyişi arasında kurulan bağlantı eksik kalmaktadır. Bir diğer ifadeyle kitabın birinci bölümü ile ikinci ve üçüncü bölümleri arasında güçlü bir irtibat kurulmamaktadır.

Mesut Serdar Çekin'in kaleme aldığı *Borçlar Hukuku ile Veri Koruma Hukuku Açısından Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler Hukuk Düzenimizde Bir Paradigma Değişimine Gerek Var mı?* isimli makalesinde sözleşmenin kurulma anı tespit etmeye çalışmış, irade bozuklukları ve şekil şartı konularına değinmiştir. Sözleşmenin kurulma anının tespiti için yapılan açıklamalara bakıldığında akıllı sözleşmelerin teknik boyutunun tam anlaşılmadığı göze çarpmaktadır. Nitekim sözleşmenin, yeni bloğun zincire eklenmesi ile kurulduğunu ve hükümlerini kabul beyanının özel anahtarla onaylandığı an itibariyle doğurmaya başladığını belirtmektedir. Çekin, konuyu ele alırken çatallaşma problemine kısaca değinmekte ancak bu problemin sözleşmenin kurulmasına etkisini tartışmamaktadır. Ayrıca yazarın ifadelerinden icap ve kabulün aynı blok içinde gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Halbuki akıllı sözleşmelerde icap ve kabul ayrı birer işlem kabul edilmekte ve ayrı bloklar içinde yer almaktadırlar. Bir diğer değinilmesi gereken nokta ise "akıllı sözleşmenin, kaydedildiği bloğun kullanıcıların çoğunluğu tarafından onaylanması" ifadesinden mutabakat protokolündeki süreç anlaşılmaktadır, halbuki burada kastedilen çatallaşma olabilir. Bu durumda çoğunluk tarafından onaylanmanın çatallaşma ile ilgili olmadığını belirtmek gerekir.

Ezgi Elife Pilavcı'nın *The Regulation of Smart Contracts Law, Governance and Practice* isimli yüksek lisans tezinde, akit serbestisi esası üzerine kurulan sözleşmelerde getirilebilecek sınırlamalar, koşulan şartlar, akdin şekil şartlarına değinilmiştir. Ayrıca irade beyanı, sözleşmenin imzalanması ve yazılı olup olmama durumu, akdin edimlerinin yerine getirilmemesi, ön sözleşme konuları incelenmiştir. Çalışmamızın odak noktası olan tezin ikinci bölümünde irade beyanı başta olmak üzere akdin kuruluşu esnasındaki süreç ayrıntılı olarak incelenmemiştir. Birinci

bölümde akıllı sözleşmelerin mahiyetinden ve teknik özelliklerinden bahsedilmiş, ikinci bölümde hukuki esasları incelenmiştir. Ancak ikinci bölümde hukuki süreç anlatılırken bu sürecin akıllı sözleşmelerde nasıl değerlendirilmesi gerektiği yeteri kadar anlatılmamış bu kısım okuyucuların anlayışına bırakılmıştır.

Damla Beril Çubukçu'nun, *Teknik ve Hukuki Yönleriyle Akıllı Sözleşmeler* başlıklı yüksek lisans tezinde akıllı sözleşmelerin kuruluşuna ilişkin tartışılan irade beyanlarının uygunluğu, icap ve kabul konuları ele alınmaktadır. Beril Çubukçu, sözleşmenin kurulma anına ilişkin bilgilerini Mesut Serdar Çekin'in makalesini dayandırmaktadır. Dolayısıyla Çekin'in makalesinde değindiğimiz noktalar Çubukçu'nun tezi için de geçerlidir.

Türkçe literatürde hukuk alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde akıllı sözleşmelerin kurulma aşamalarının ve kurulma anının ayrıntılı bir şekilde analiz edilmediği; her çalışmada aynı olmamakla birlikte, akıllı sözleşmelerin teknik yapısı sebebiyle hukukla uyuşmayan noktaların tespit edildiği ancak teknik anlamda veya hukuki anlamda çözüm yollarına dikkat çekilmediği anlaşılmaktadır. Bu anlamda birçok çalışma ağırlıklı olarak akıllı sözleşmelerin kullanım alanlarına, olumlu ve olumsuz özelliklerine, gelecekteki durumuna odaklanmakta ya da sözleşmenin aslıyla ilgili noktaları yüzeysel olarak veya betimleyici bir tavırla ele almaktadır.

İslam Borçlar Hukuku açısından kaleme alınan çalışmalara bakıldığında, konunun yüzeysel ele alınması, teknik bilgilerde eksiklik, ayrıntıya girmeden İslam'ın genel ilke ve esasları çerçevesinde ele alınması, makasid ve maslahat doğrultusunda hareket etme, akıllı sözleşmelerin kripto birimlerden ayrılmasının mümkün olmadığı düşüncesine sahip olma göze çarpmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

BLOKZİNCİR

Bu bölümde, Ethereum blokzinciri üzerinde kurulan akıllı sözleşmelere temel teşkil etmek üzere, blokzincirin tarihsel gelişim süreçleri, teknik kavramları ve işleyişi konu edilecektir.

I. Blokzincir Altyapısının Tarihsel Gelişim Süreçleri

A. Veri Yapılarının Tarihsel Gelişim Süreci

Veri, bilgisayar biliminde data kelimesinin Türkçe karşılığıdır. Bilgisayarda girdi olarak kabul edilen işlenmemiş bilgi parçacıklarıdır. Bu bilgi parçacıkları bilgisayarın anlayabileceği ve işleyebileceği forma dönüştürülmüşlerdir.⁷ Verinin insan dilinden makinenin anlayabileceği dile dönüştürülmesi 1800’lü yılların başında Joseph Jacquard’ın karton plakalar üzerine delikler açmasıyla başlamıştır. NASA ilk insanlı uzay uçuşunun temelinde yer alan bazı hesaplamaları verilerin listelenip kaydedildiği delikli kartlarla programlanan bilgisayarlar aracılığıyla gerçekleştirmiştir. Delikli kartlar 1950’li yıllardan sonra yerini manyetik şeritlerde veri depolama teknolojisine bırakmıştır. Bildiğimiz anlamda bilgisayarın evlere girip yaygınlaşmaya başladığı sürece denk gelen 1900’lü yıllarda optik depolama üniteleri manyetik şeritlerin yerini almıştır. Zamanla CD-ROM, CD-RW, DVD, Bluray gibi optik diskte veri depolama biçimleri gelişse de 1990’lü yılların sonunda yaygınlaşan Evrensel Seri Yolu (USB) üzerinden bilgisayara bağlanan flash bellekler 2010 sonrası yaşanan gelişmeler ile optik diskleri geride bırakmıştır. Ayrıca 2010 yılından itibaren bilgiye erişmek ve işlemek için disk döndürmek yerine, veriyi flash hafıza çiplerinde saklayan SSD’ler (Solid State Disk) bilgisayarlarda önemli bir yer edinmiştir. 2005 yılından sonra kullanılmaya başlayan bir diğer önemli veri depolama aracı ise internet üzerinden Bulut (Cloud) kavramı ile sunulan servislerdir.⁸

1950’li yıllardan itibaren gelişen analog, manyetik ve dijital veri saklama yöntemleri verinin daha düzenli saklanması ihtiyacı haline getirmiştir. Veri tabanı

⁷ Ahmet Usta - Serkan Doğantekin, *Blockchain 101* (Bankalararası Kart Merkezi, t.y.), 14.

⁸ Usta - Doğantekin, *Blockchain 101*, 16-17; Webtekno "SSD Nedir, Ne İşe Yarar?" (Erişim 04 Ekim 2020).

bilgisayar sistemlerinde 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanmış ve devrimsel sayılabilecek “İlişkisel Veri Tabanı” kavramı 1973 yılında ortaya konulmuştur. İlişkisel veri tabanları, veriyi tablolarda saklar ve bu tablolar arasındaki bağlantıları oluşturur. Veri tabanında kayıtlı verilerin sorgulanması için geliştirilen SQL (Structured Query Language-Yapılandırılmış Sorgulama Dili) 1980'li yıllardan itibaren veri tabanı yönetim (veri ekleme, silme, güncelleme, sorgulama) standardına dönüşmüş ve 2000'li yıllardan itibaren yerini NoSQL olarak tabir edilen veri tabanı yönetim sistemine bırakmıştır. Örneğin Google arama motorunda milyarlarca web sayfası içinde aranan bir bilgiye saliseler içinde ulaşmamızı sağlayan bu tarz bir veri tabanıdır.⁹

2000'li yılların başında BitTorrent ve eDonkey uygulamalarında olduğu gibi internet üzerinden iletişime geçebileceğimiz her bir makine ile verinin paylaşılması anlamına gelen uçtan uca P2P (Peer to Peer) veri depolama yöntemi ortaya çıkmıştır. Bu yöntemde veri tek bir merkezde değil, milyonlarca makine üzerinde dağıtılmış şekilde saklanır. Bir makine bir veriye ulaşmak istediğinde sistem, bu veriyi diğer makinelerden çekecek şekilde yönlendirir. Bu yaklaşım ile dağıtık defter teknolojisi (Distributed Ledger Technology-DLT) adı verilen sistemler ortaya çıkmıştır. Blokzincir teknolojisi dağıtık defter teknolojisi altında yer almakta ve bu sistem Blokzincirin temel ilkelerinden birini oluşturmaktadır. Dağıtık defter teknolojisi bulut teknolojisinin ötesinde kabul edilmekle beraber kurumsal ve mahremiyet içeren veriler için güvenli bir depolama sistemi değildir.¹⁰

B. Ağ Teknolojilerinin Tarihsel Gelişimi

Modern iletişim teknolojilerinin temeli elektriğin keşfine dayanmaktadır. Ağ ve internet teknolojilerinin temeli ise farklı alanlardaki birçok teknolojiye olduğu gibi öncelikle askeri amaçlarla 1950'lerde atılmıştır. 1949 yılında modern anlamdaki MODEM geliştirilmiştir. 1958 yılında telefon ağları dijitalleşmeye başlamıştır. 1960

⁹ Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 18-19; Merve Kınacı, *Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmelerin Yaygınlaşmasının Önündeki Engeller* (İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2019), 4; Cengiz Tavukçuoğlu (Ankara: Asil Yayın Dağıtım, 2010), “Bilişim Terimleri Sözlüğü”, 563; Medium, “NoSQL Veritabanları”, Blog (Erişim 04 Ekim 2020); Daron Dedeoğlu, *A'dan Z'ye Blockchain* (İstanbul: KODLAB Yayın, 2019), 20.

¹⁰ Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 20; Kınacı, *Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmelerin Yaygınlaşmasının Önündeki Engeller*, 5.

yılında, günümüzde kullanılan e-posta, web sayfaları, proxy (vekil sunucu) gibi uygulamalarda kullanılan istemci-sunucu (client-server) mimarisinin temelleri atılmıştır. 1969 yılında, ABD ordusu için geliştirilen ARPAnet aynı anda farklı bilgisayarların bağlanabildiği ilk ağıdır. 1973 yılında Ethernet teknolojisi geliştirilerek günümüzde de geçerliliğini koruyan ağ teknolojisinin temelleri atılmıştır. 1987’lerde mobil GSM iletişim protokolleri oluşturularak ağ ve internet teknolojileri yaygın hale gelmeye başlamış ve mobilite hız kazanmaya başlamıştır. 1990 yılında HTML (Hypertext Markup Language) dilinin yayınlanması WWW (World Wide Web) platformunun kurulmasına öncülük etmiştir. Web, her ne kadar internetin bir alt parçası olsa da genel anlamda web kavramı ile büyük bir bilgi sistemi kurulmuştur.¹¹ 1991 yılında İnternet, Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Bilim Vakfı tarafından özel bir ağ olmaktan çıkarılıp herkesin kullanımına açılmıştır. Türkiye’de ilk internet bağlantısı kurumsal bazda 1993 yılında yapılmıştır. 1995 yılında girişimciler arasında yaygınlaşmaya başlamıştır. 1996 yılında dünya çapında kullanıcı sayısı 36 milyona ulaşmıştır. 2000’li yıllarda kablosuz ağ teknolojileri ve WIFI standartları hayatımıza girmeye başlamıştır. Kablosuz ağ teknolojilerinde veriler radyo dalgaları ile iletilmektedir. 2009 yılında Mobil Web kolayca ve yaygın şekilde erişilebilir hale gelmiştir. Günümüzde Blokzincir teknolojisinin kullanılmasına ve hızla yaygınlaşmasına imkân sağlayan neredeyse Gigabit/sn hızına ulaşan internet iletişim ağlarıdır. İnternet hızının gelişmesiyle birlikte yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar da devam etmektedir¹². 2018 yılındaki verilere göre Dünya nüfusunun %51’i internet kullanmaktadır.¹³ 2019 verilerine göre bu oran %56’ya ulaşmıştır.¹⁴

Dünyada internet iletişimi okyanuslar altında bulunan fiber optik kablolar ile sağlanmaktadır. 2020 verilerine göre okyanus tabanında 1.2 milyon km uzunluğunda 468 kablo bulunmaktadır.¹⁵ Fiber optik kablolarda saniyede yüzlerce Terabitlik veri ışık ile taşınmaktadır. Denizlerin altına kablo döşeme fikri ilk defa Samuel Morse

¹¹ Wikipedia, “World Wide Web” (Erişim 06 Ekim 2020).

¹² Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 21-22; Kınacı, *Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmelerin Yaygınlaşmasının Önündeki Engeller*, 4; Wikipedia, “İnternet” (Erişim 06 Ekim 2020).

¹³ Anadolu Ajansı (AA), “Dünyada 3,8 Milyar Kişi Online” (Erişim 06 Ekim 2020).

¹⁴ Hürriyet, “Dünyanın Yüzde 56’sı İnternet Kullanıyor” (Erişim 06 Ekim 2020).

¹⁵ TeleGeography, “Submarine Cable Map” (Erişim 07 Ekim 2020); The New York Times, “How The Internet Travels Across The Oceans” (Erişim 07 Ekim 2020).

tarafından 1842 yılında denizin altına yaklaşık 3 km uzunluğunda kablo yerleştirerek telgraf mesajı göndermekle hayata geçmiştir.¹⁶ Okyanusların tabanında yer alan bu kablolar deniz canlıları, doğal afetler ve insanların hataları veya müdahaleleri sebebiyle zarar görebilmekte; kabloların döşenmesi ve bakımları yüksek maliyetlere ulaşmaktadır. Ayrıca kabloların döşenme süreci zahmetli olmakta ve aylarca sürebilmektedir. İnternetin yaygınlaştırılması, milisaniye kadar da olsa mevcut gecikmelerin azaltılması, maliyet gibi mevcut bazı problemlerin ortadan kaldırılması için SpaceX şirketi Starlink projesi ile dünyanın yörüngesine 40 bin uydu göndermeyi ve internetin kablosuz bir şekilde dağıtımını hedeflemekte, herkese ve her yere yüksek hızda internet ulaştırmayı öngörmektedir.¹⁷

C. Blokzincir Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi

Blokzincir teknolojisi, 2008 yılında Satoshi Nakamoto tarafından Bitcoin özelinde yayınlanan makale ile meşhur olmuştur. Ancak blokzincirin temelleri 1990'lı yıllara dayanmaktadır. Dolayısıyla blokzincir teknolojisinin tarihsel gelişimini Bitcoin öncesi ve Bitcoin sonrası şeklinde ikiye ayırabiliriz.

1. Bitcoin Öncesi

Blokzincir teknolojisi bir yapboz analojisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Blokzincir, temelinde dağıtık defter teknolojisi, kriptografi, mutabakat yapıları gibi çeşitli alanlarda birbirlerini etkileyen çalışmaların inovatif biçimde bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır. Bu yapboz parçalarının her biri farklı tarihlerdeki farklı akademik çalışmalara dayanmaktadır.¹⁸

Kriptografik açıdan yapılan çalışmalar 1983 yılına dayanmaktadır. Asimetrik kriptografi ile dijital para birimi üzerine tartışmalar başlamıştır. Örneğin, aynı yılda David Chaum tarafından yayımlanan makalede kör imza sistemi kullanılarak kullanıcı kimliğinin gizli tutulabileceği bir elektronik para önerisinde bulunulmuştur.

¹⁶ Eferit, “Atlantik Telgraf Kablosu Zaman Çizelgesi” (Erişim 07 Ekim 2020).

¹⁷ Reviews, “SpaceX Starlink Satellite Internet Uptade 2020” (Erişim 08 Ekim 2020); Starlink, “Starlink” (Erişim 08 Ekim 2020); Businessinsider, “SpaceX May Want to Launch 42,000 Internet Satellites” (Erişim 08 Ekim 2020).

¹⁸ Yusuf Mansur Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller* (İstanbul: İstanbul Bilgi Üniversitesi, Lisansüstü Programlar Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2019), 58.

Bu öneri 1989 yılında Chaum tarafından kurulan DigiCash şirketi ile hayata geçirilmiştir. DigiCash, kullanıcı gizliliğini sağlasa da çift harcamayı önlemek için güvenilir ve varlığı devamlı olan bir merkeze ihtiyaç duyuyordu. Bu girişim 1998 yılında şirketin iflasıyla sona ermiştir.¹⁹

Stuart Heber ve W. Scott Stornetta tarafından 1991 yılında yazılan makalede, zaman damgası ile birlikte kripto imzalarla dijital belgelerin değiştirilmesinin ve geçmişe yönelik düzenlenmesinin önüne geçmişlerdir. Kriptografiye dair diğer bir önemli bir makale Bruce Schneier ve John Kelsey tarafından 1998 yılında yapılmıştır. Bu makalede güvenilmeyen üçüncü taraf makineler üzerinde tutulan günlük dosyalarının içerdiği bilgilerin korunmasında şifrelemenin nasıl yapılacağı açıklanmıştır. Bu iki makale blokzincir teknolojisinin temellerini oluşturan önemli çalışmalar arasında yer almaktadır.²⁰

Dağıtık defter teknolojisi ile ilgili blokzincir teknolojisinin temelini oluşturan çalışmalardan birisi de 1996 yılında Ross Anderson'ın hazırladığı, kaydedilen verilerin silinmeyeceği merkezi olmayan bir veri depolama sisteminin makalesidir.²¹

2. Bitcoin ve Sonrası

Bitcoin ve sonrasına ilişkin blokzincir teknolojisini blokzincir 1.0, blokzincir 2.0 ve blokzincir 3.0 olmak üzere üç alt başlıkta ele alabiliriz.

Blokzincir 1.0, tanıtılması esnasında blokzincir ifadesi dile getirilmese de zamanla altında yatan teknolojinin fark edilmesine sebep olan Bitcoin'i ifade etmektedir. Satoshi Nakamoto isimli bir kişi veya grup 2008 yılında "Bitcoin: A Peer to Peer Electronic Cash System (Bitcoin: Eşten-eşe Elektronik Nakit Ödeme Sistemi)" başlığıyla kriptografi e-posta grubuna gönderdiği dokuz sayfalık makale ile teorik olarak Bitcoin'i duyurmuştur. 2009 yılında e-posta grubuyla Bitcoin'in tamamlanmış haliyle ilk blokunu (genesis block) paylaşmış ve Bitcoin pratikte de

¹⁹ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 60.

²⁰ Kınacı, *Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmelerin Yaygınlaşmasının Önündeki Engeller*, 6; Ali Osman Tikveşli, *Blok Zincir Teknolojisi ve %51 Sorunsalı* (İstanbul: Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2019), 5; Mustafa Atahan, *Blockchain Teknolojisi ve Finansal Proje Örneklerinin Karşılaştırılması* (İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2020), 4.

²¹ Kınacı, *Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmelerin Yaygınlaşmasının Önündeki Engeller*, 6.

hayata geçmiştir. Bitcoin'in getirmiş olduğu en temel yenilik, emeğin ispatı algoritması (Proof of Work, PoW) ile madenciler tarafından 10 dakikada bir küresel seçim gerçekleştirmesi ve veri tabanı üzerinde mutabakat sağlamasıdır.²²

Satoshi Nakamoto birtakım gönüllü grup ile birlikte 2011 yılına kadar Bitcoin üzerinde çalışmalarına devam etmiş ve 2011 yılında ekiple olan iletişimini kesmiştir. Bundan sonraki süreçte Bitcoin açık kaynak kodlu yazılım olduğu için özgür bir şekilde geliştirilmiştir. Bitcoin, dünyanın her yerinde büyük ilgi görmüş ve 17 Aralık 2017 itibariyle 1 Bitcoin 20.000 dolar değere ulaşmıştır.²³

Bitcoin'in bu kadar rağbet görmesinin sebebi tartışılması gereken ayrı bir konudur. Bu bağlamda Bitcoin'in kendisinden önce çıkarılan ve tutulmayan dijital para birimlerinden farklılaştığı nokta sağlamış olduğu alt yapı ve önceki projelerde karşılaşılan bazı problemlere çözüm üretmesi olabilir.²⁴ Teknik sorunlara çözüm getirmesi ile birlikte Bitcoin'in 2008 küresel ekonomik krizinin ardından ortaya çıkması dijital para birimlerinde ve sonuç olarak blokzincir teknolojisinin farklı alanlarda geliştirilmesinde önemli bir dönüm noktasıdır. Sosyal Psikolog Dean Simonton'un "zamanın ruhu" ifadesiyle²⁵ bu konuya farklı bir açıdan bakabiliriz.²⁶

Blokzincir 2.0 teknolojisi dijital para transferi dışında uygulama alanlarına yönelmektedir. Blokzincirin ikinci nesli Vitalik Buterin ve ekibi tarafından 2013 yılının sonlarında "Ethereum Whitepaper" başlığıyla sunulan bir çalışma ile başlatılmıştır. 2014 yılı ocak ayında kamuoyuna duyurulmuştur.²⁷ Ethereum, kullanıcılarına basit para transferlerinden öte karışık işlemleri kodlayıp çalıştırabilecekleri yeni bir blokzinciri platformu vadetmektedir. Ethereum, Bitcoin'den farklı olarak Solidity dilini kullanarak ve kendisi üzerine başka protokollerin inşa edilebileceği temel bir katman inşa etmiştir. Bu haliyle Evrensel Turing Makinesi'ni örneklemektedir. Solidity diliyle yazılan kodlar Ethereum blokzincirinde otonom bir şekilde işlemektedirler. Bu kodlara "akıllı sözleşme"

²² Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 62.

²³ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 63.

²⁴ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 62.

²⁵ Kısaca, parlak bir fikir sahibi olmak yeterli değildir, o fikrin tam zamanında gelmesi gereklidir.

²⁶ Dean Simonton, "Multiple Independent & Creativity in Science", *Essays of an Information Scientist* 4/44 (Kasım 1980), 661.

²⁷ Coinkolik, "Vitalik Buterin Kimdir?" (Erişim 09 Ekim 2020).

denilmektedir. Akıllı sözleşmeler, blokzincir ağına girdikten sonra bağımsız hale gelmekte, akıllı sözleşme kodunu yazan kişi veya başkası tarafından müdahale edilememektedir. Ethereum platformu kendi sisteminin sağlıklı çalışabilmesi için Ether isimli kripto para birimine sahiptir. 14 Ocak 2017 tarihinde 1 Ether 1.400 dolar değerindeydi ve toplam piyasa değeri ise 135.5 milyar dolara ulaştı.²⁸ Günümüzde ise 1 Ether 359 dolar değerinde ve piyasa değeri 40.594 milyar dolardır.²⁹ Ethereum blokzincir platformu yazılımların otonom şekilde dağıtık veri tabanı üzerinde çalıştırıldığı yeni bir dünyanın kapısını aralamıştır.

Blokzincir 3.0 teknolojisinde ikinci nesil blokzincirindeki sınırların kaldırılması öngörülmektedir. Örneğin ikinci nesil blokzincirinde yazılan otonom kodlar (akıllı sözleşmeler) bazı verileri dış dünyadan³⁰ alması gerekmektedir. Bu işlem genel olarak “oracle” denilen araçlar ile yapılmaktadır. Üçüncü nesil blokzincirinde “dijital toplum” oluşturulması hedeflenmektedir. Dijital toplum para, sözleşme, finans gibi ekonomik teşviklerin yanı sıra eğitim, yönetim, iletişim, mobilite, altyapı hizmetleri, sağlık, doğal kaynakların kullanımı gibi hayatın her alanındaki birimleri kapsamaktadır.³¹ Ayrıca dağıtık veri tabanını kullanmalarına rağmen farklı platformlarda çalışan kodların birbirleriyle iletişim kurmasındaki kısıtlamaların da üçüncü nesil blokzincirinde çözüleceği öngörülmektedir. Ethereum ekibinde yer alan Charles Haskinson ölçeklenebilirlik, araişerlik ve süreklilik olarak ifade ettiği üç temel problemin üçüncü nesil blokzincirinde çözülebileceğini dile getirmektedir.³²

II. Blokzincir Teknolojisinin Teknik Kavramları

Blokzincir fikrinin tarihsel gelişiminden bahsetmiştik ve Bitcoin’den çok öncesine dayandığını ifade etmiştik. Ancak blokzincir fikrinin uygulamaya geçmesi pratikte Bitcoin ile gerçekleşmiştir. Dolayısıyla blokzincirin teknik kavramlarına

²⁸ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 64-66.

²⁹ CoinMarketCap, “Ethereum” (Erişim 09 Ekim 2020).

³⁰ Dijital olmayan veya dağıtık veri tabanında yer almayan veriler.

³¹ Mustafa Tanrıverdi vd., “Blokzinciri Teknolojisi Nedir? Ne Değildir?: Alanyazın İncelemesi”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, (31 Temmuz 2019), 205.

³² Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 67.

geçmeden genel bir çerçeve çizmek için Bitcoin blokzincirinin nasıl işlediğine değinilecektir.

Blokzincir veri tabanına kayıtlı kullanıcılar (düğümler-node'lar) yeni işlemler gerçekleştirdiklerinde ağdaki bütün kullanıcılara bu işlemlerin oluşturulduğu bilgisi iletilir. İşlemler zincire eklenene kadar işlem havuzunda bekletilir. Dağıtılan işlemler üzerinde çalışacak madenciler bunları bir blok içinde toplarlar. Her bir madenci kendi bloğu içinde iş kanıtı bulmak için çalışır. İş kanıtını bulan madenci, bloğunu diğer tüm kullanıcılara yayar. Diğer kullanıcılar blok içindeki tüm işlemler geçerliyse bloğu kabul ederler. Kullanıcılar bir sonraki blok üzerinde çalışmaya başladıklarında kabul edilen önceki bloğun özetini yeni bloğa eklerler. Böylece hem bir önceki bloğu kabul ettiklerini gösterirler hem de zincir halkalarını birbirine bağlayarak blokların ve dolayısıyla yapılan işlemlerin güvenliğini sağlarlar. İş kanıtı yapılan blokların doğrulanması için ağdaki bütün kullanıcıların onayı gerekmektedir.³³

A. Kriptografi

Kriptografi (cryptography), yunanca gizli anlamına gelen “kryptos” ile yazmak anlamına gelen “graphien” sözcüklerinin birleşmesinden oluşmuştur. Gizlilik bilimi anlamına gelen kriptolojinin alt bilim dalıdır.³⁴ Matematiksel işlemlerle şifreleme ve şifreyi çözme yöntemidir. Bir verinin içermiş olduğu bilginin istenmeyen taraflarca erişilmesini engellemek amacıyla kullanılmaktadır.³⁵ Blokzincir dağıtık veri sistemi felsefesi ile çalıştığı için, yani bilgi milyonlarca farklı, birbiri ile bağlantılı ancak birbirini tanımayan kullanıcılar üzerinde bulunduğu için, bilginin muhatabı olmayanlara gizli kalabilmesi ve bilginin değiştirilmemiş olması şifreleme ve özetleme ile sağlanmaktadır. Bilginin muhatabı olmayanlara gizli kalmasından kasıt öncelikle bir varlık üzerindeki mülkiyetin ispatı ve bu varlık üzerinde yapılan tasarrufun mülkiyet sahibi tarafından yapıldığının teyit edilmesidir. Aynı zamanda mülkiyet sahibine ait özel bilgilerin gizli kalması sağlanmalıdır.

³³ Satoshi Nakamoto, “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, 2008, 3-4; Mehmet Murat, *Blockchain ile Güvenli Elektronik Sağlık Sistemi* (İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2018), 10.

³⁴ Dedeoğlu, *A'dan Z'ye Blockchain*, 21.

³⁵ Hukuk, Düzenlemeler ve Kamu İlişkileri Çalışma Grubu, *Blokzinciri Teknolojisi ve Terminolojisi Çalışması* (İstanbul: Türkiye Bilişim Vakfı, 2019), 20.

Bilginin değiştirilmemiş olmasından kasıt ise malikin yaptığı tasarrufun değişmeden hükmünü doğurması ve tasarruf sonrasında geriye yönelik bir değişiklik yapılmamasıdır. Bunu sağlayan ise her bir kullanıcıda/makinede bulunan hashlerdir. Şifreleme ile herhangi bir veri (girdi), rastgele görünen ve alıcılar dışında başka kimsenin geri döndüremeyeceği sabit uzunluktaki rakamlara ve harflere (çıkıtı) dönüştürülür. Bu rastgele görünen çıkıtı, şifreleme ile ilgili anahtar yapısına sahip olmayan kişiler tarafından ele geçirilseler bile orijinal yapısına geri çevrilmez. Sadece ilgili anahtara sahip olanlar veriyi orijinal yapısına dönüştürebilirler. Blokzincirde kriptografi göndericinin kimliğini güvence altına almak, geçmişin kayıtlarını tutmak ve değiştirilemez olmasını sağlamak için kullanılır. Kriptografide temel olarak iki teknik kullanılmaktadır: Simetrik şifreleme ve asimetrik şifreleme.³⁶

1. Simetrik Şifreleme (Gizli Anahtarlı Şifreleme)

Simetrik şifrelemenin temeli 1940'lı yılların sonlarında Claude Shannon'un yayımladığı teorik makaleye dayanmaktadır.³⁷ Şifreleme ve şifreyi çözme adımlarında aynı anahtar kullanılmaktadır. Bu durumda para transferi emri, mesaj iletimi gibi girdilerin şifrelendiği anahtarın kopyasını elinde bulunduran muhatap şifreli mesajı çözümleyip okuyabilir. Ancak anahtarın başka kimselerin eline geçmesi durumunda yapılan girdinin kimin tarafından yapıldığı veya kimin tarafından çözümlendiği sorunu 1976 yılında ortaya çıkan, özel anahtar ve açık anahtar kavramları üzerine kurulan asimetrik şifreleme ile çözülmüştür.³⁸

Şekil 1.1: Simetrik Şifreleme



Kaynak: Ahmet Usta - Serkan Doğanekin, *Blockchain 101* (Bankalararası Kart Merkezi, t.y.), 115.

³⁶ Hakan Atabaş, *Blokzinciri Teknolojisi ve Kripto Paraların Hayatımızdaki Yeni Yeri* (İstanbul: Ceres Yayınları, 2018), 24-26; Vedat Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor* (İstanbul: Kronik, 2018), 45-46; Dedeoğlu, *A'dan Z'ye Blockchain*, 22-23.

³⁷ Mustafa Aydın, *Blokzincir Altyapısı Kullanarak Dijital Kimlik Doğrulama* (İstanbul: T.C. Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2019), 7.

³⁸ Turan Sert, *Sorularla Blockchain* (PDF: Türkiye Bilişim Vakfı, t.y.), 69; Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 117.

2. Asimetrik Şifreleme (Açık Anahtar Şifreleme)

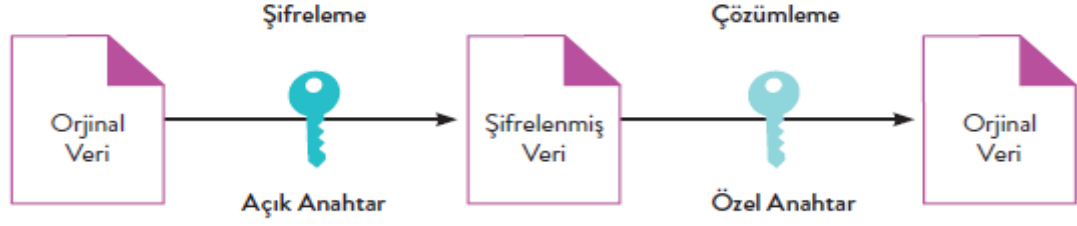
1976 yılında Whitfield ve Martin E. Hellman, biri açık diğeri özel olan farklı ancak birbirine matematiksel olarak ilişkili iki anahtar kullanarak asimetrik şifreleme algoritmasını geliştirdiler.³⁹ Bu kriptografi yönteminde her kullanıcının kendisine ait bir açık ve bir özel anahtarı olmak üzere bir anahtar çifti vardır. Bu anahtar çifti birbirlerinin yerine geçemezler bilakis birbirlerini tamamlarlar. Aralarındaki matematiksel ilişki ise özel anahtardan açık anahtara doğru tek yönlüdür. Bu sebeple açık anahtardan yola çıkarak özel anahtara ulaşamaz.⁴⁰ Açık anahtar bütün kullanıcılarla paylaşılabılır ancak özel anahtar sahibinde muhafaza edilmelidir. Bu şifreleme algoritmasında verinin gizlenmesi ve veri sahibinin kimliğinin ispatı amaçlanmaktadır. Veri gizliliği şifreleme, veri sahibinin kimliğinin ispatı ise dijital imza olarak ifade edilir. Şifrelemede, blokzincir sisteminde herkesin ulaşabildiği açık adresi kullanarak herhangi biri yapacağı işlemi şifreler ve bu şifreyi yalnızca açık anahtarın diğer çifti olan özel anahtara sahip olan kişi özel anahtarını kullanarak çözer, okur ve işlem yapabilir. Dijital imzada ise gönderilecek verinin özetleme algoritmasıyla (hash) parmak izi alınır ve gönderici özel anahtarı ile veriyi ve parmak izini şifreler. Bu özel anahtarın çifti olan açık anahtarı bilen herkes şifreyi çözebilir, veriyi ve parmak izine ulaşabilir. Şifreyi çözen kişiler tarafından verinin tekrar özet değeri alınır. Veriyle birlikte gönderilen özet değeri ile tekrar alınan özet değeri karşılaştırıldığında aynı sonucu verirse veride bir değişiklik ve hata olmadığı anlaşılır. Kısacası veriyle birlikte verinin sağlamasını yapmak üzere parmak izi de gönderilir. Ayrıca elektronik imza göndericinin özel anahtarı ile imzalandığı için gönderen kişinin kimliğine ve başkası tarafından gönderilmediğine kanıt teşkil eder. Dolayısıyla açık anahtar, şifreleme ve elektronik imza doğrulamada; gizli anahtar, şifre çözme ve elektronik imza oluşturmada kullanılır.⁴¹

³⁹ Aydın, *Blokzincir Altyapısı Kullanarak Dijital Kimlik Doğrulama*, 8.

⁴⁰ Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 46.

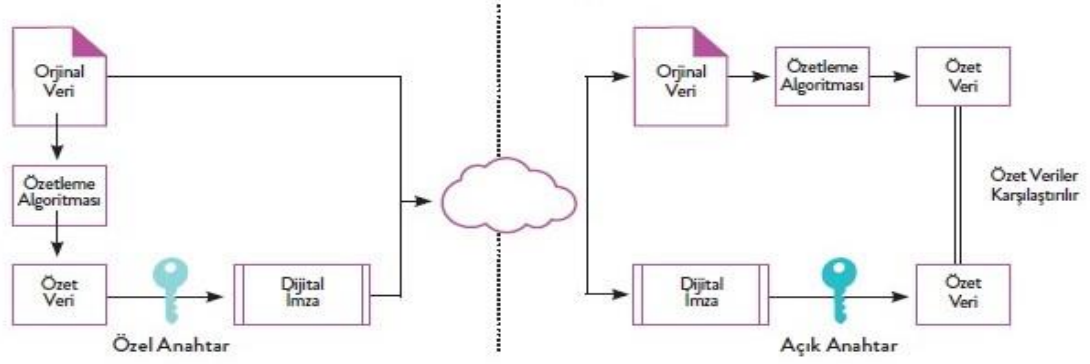
⁴¹ Galip Çağan Nasuhoğlu, *Blockchain Teknolojisiyle Açık Anahtar Altyapısı Tabanlı Elektronik Sertifika Durum Bilgilerinin Yönetilmesi* (Sakarya: Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2019), 38-40; Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 46-50; Usta - Doğanterkin, *Blockchain 101*, 115-117; Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 111-113.

Şekil 1.2: Asimetrik Şifreleme



Kaynak: Ahmet Usta - Serkan Doğantekin, *Blockchain 101* (Bankalararası Kart Merkezi, t.y.), 115.

Şekil 1.3: Dijital İmza



Kaynak: Ahmet Usta - Serkan Doğantekin, *Blockchain 101* (Bankalararası Kart Merkezi, t.y.), 117.

Açık anahtar yönteminde anahtar sahibi ile açık anahtar arasındaki ilişkiyi gizlemek için her işlemde yeni bir anahtar çifti kullanılması tavsiye edilmektedir. Her ne kadar işlem sahibinin kimliği gizli olsa da aynı açık anahtar ile yapılan işlemlerden yola çıkarak işlem sahibinin kimliğine ulaşılabileceği ifade edilmektedir.⁴²

B. Hashing (Özetleme)

Bir verinin boyutundan ve boyutuna göre değişkenlik gösteren uzunluğundan bağımsız olarak sabit uzunlukta ve alınan veriye özel olarak bir çıktı oluşturmaktır. Bu çıktı rastgele sayı ve harflerden oluşmaktadır. Kaynaklarda hash, hash fonksiyonu ve hashing ifadeleri yer almaktadır.⁴³ Kriptografik hash fonksiyonu; parola işlemleri, veri gizliliği, veri boyutunun küçültülmesi, dijital imza, mesaj doğrulama işlemleri ve kimlik doğrulama işlemleri gibi pek çok uygulamada kullanılan temel bir kriptografi

⁴² Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", 6.

⁴³ Dedeoğlu, A'dan Z'ye *Blockchain*, 22; Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 50-51.

yöntemidir.⁴⁴ Örneğin web sitesine kaydolurken belirlediğimiz parolanın web sitesinin yöneticisi tarafından bilinmemesinin temeli de hash fonksiyonuna dayanmaktadır. Dolayısıyla hashing, blokzincir teknolojisinden önce de kullanılmaktadır. Blokzincir teknolojisinde her bir blok birbirine hash değerleri ile bağlıdır. Bir bloğun içinde yer alan birçok işlem verisi merkle ağacı yöntemiyle özetlenmekte ve o bloğa ait eşsiz bir dijital parmak izi üretilmektedir. Bu dijital parmak izi de bir sonraki bloğun içinde yer alacak unsurlardan biridir.⁴⁵

Kriptografide kullanım için uygun hash fonksiyonlarının aşağıda belirtilen beş şartı gerçekleştirmesi beklenmektedir.⁴⁶

- Herhangi bir veri için kolayca hash üretilmelidir. Hash daima bir algoritmaya bağlı olarak üretilir. Bu algoritmalar, ağda gerektireceği işlem gücü ve kaynak ihtiyacı göz önüne alınarak seçilir.
- Hash algoritması tek yönlü olmalı, hash değerinden yola çıkarak orijinal veriyi elde etmek neredeyse imkânsız olmalıdır. Bu şartın sağlanması için güçlü algoritmalar kullanılmalıdır.
- Orijinal verideki herhangi bir değişiklik, üretilen hash değerini tamamen değiştirmelidir. Orijinal verinin aynı hash algoritması ile tekrar işleme konulduğunda aynı hash değerini vermesi beklenir. Bu yöntemle orijinal verinin sağlaması yapılmakta ve tutarlılık korunmaktadır.

⁴⁴ Önder Kula, *Blokzinciri Tabanlı Ödeme ve Müşteri Sadakat Sistemi Geliştirilerek Enerji Sektörüne Uygulanması* (Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2019), 30-34.

⁴⁵ Atabaş, *Blokzinciri Teknolojisi ve Kripto Paraların Hayatımızdaki Yeni Yeri*, 30-31; Usta - Doğanterkin, *Blockchain 101*, 113; Kadir Güçlü, *Blokzincir Teknolojisi ve Gümrük İşlemlerinde Blokzincir Uygulama Alanlarının İncelenmesi* (Ankara: T.C. Ticaret Bakanlığı, Ticaret Uzmanlığı Tezi, 2019), 8; Burak Görmez, *Finansal Sektörde Yıkıcı Yenilik Dağıtılmış Defter Teknolojisi ve Türkiye Sermaye Piyasalarının Durumu* (Ankara: Sermaye Piyasası Kurulu Aracılık Faaliyetleri Dairesi, Yeterlik Etüdü, 2017), 17-18.

⁴⁶ Kolektif, *Blokzincirlerde Güvenlik ve Mahremiyet*, Araştırma Raporu (İstanbul: TÜBİTAK BİLGEM Blokzincir Araştırma Laboratuvarı, Nisan 2020) (TÜBİTAK BİLGEM Blokzincir Araştırma Laboratuvarı), 22; Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 50; Atabaş, *Blokzinciri Teknolojisi ve Kripto Paraların Hayatımızdaki Yeni Yeri*, 31; Özgür Güven, *Dijital Dönüşümde Blokzincir Teknolojisi ve Bitcoin'in Ekonomiye Etkisi* (Aydın: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal İlimler Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2020), 8; Aydın, *Blokzincir Altyapısı Kullanarak Dijital Kimlik Doğrulama*, 10-11; Usta - Doğanterkin, *Blockchain 101*, 112-113; Güçlü, *Blokzincir Teknolojisi ve Gümrük İşlemlerinde Blokzincir Uygulama Alanlarının İncelenmesi*, 8; Berat Yılmaz, *WebRTC İletişim Güvenliğinin Blokzincir Tabanlı Akıllı Kontrat Kullanılarak Arttırılması* (Ankara: Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2019), 51; Kula, *Blokzinciri Tabanlı Ödeme ve Müşteri Sadakat Sistemi Geliştirilerek Enerji Sektörüne Uygulanması*, 41-42.

- Aynı veri girişinden birbirinden farklı iki hash değeri çıkmaması (zayıf çarpışma direnci) gerekmektedir.
- İki farklı verinin aynı hash değeri ile sonuçlanmaması (güçlü çarpışma direnci) gerekmektedir. Örneğin, mail hesabına giriş için “123456” parolasından alınan hash değeri ile “A96f.60S56!” parolasının hash değeri aynı olursa basit bir parola ile karmaşık bir parolaya sahip mail hesabına giriş yapılabilir.

Hash fonksiyonu algoritması olarak 20’den fazla çeşit bulunmaktadır.⁴⁷ Bunların arasında Ulusal Güvenlik Dairesi’nin (NSA) tasarladığı ve Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü’nün (NIST) yayınladığı Güvenli Hash Algoritması serisi (SHA, Secure Hash Algorithm) blokzincir temelli ağlarda ön plana çıkmaktadır.⁴⁸ Bu serinin; SHA-0 (yayınlanma yılı 1993), SHA-1 (1995), SHA-2 (2001), SHA-3 (2014) olmak üzere dört versiyonu bulunmaktadır.⁴⁹ Bu versiyonlardan SHA-1 algoritması 2005 yılında kırılmıştır. Bu sebeple 2010 yılından beri SHA-2 veya SHA-3 kullanımı önerilmektedir. Google, Microsoft ve Apple 2017 yılında SHA-1 kullanımını sonlandırdılar.⁵⁰ SHA-2 algoritması da kendi içinde SHA-224, SHA-256, SHA-384 ve SHA-512 kategorilerine ayrılmaktadır. Bu ayrışma bit uzunluğu ilgilidir.⁵¹ Bitcoin blokzincirinde SHA-256 algoritması, Ethereum blokzincirinde SHA-3 (Keccak256) algoritması kullanılmaktadır.⁵² SHA-256 algoritması, ardışık sayı ve harf (0-9 ve A-F arası) karışımından oluşan 64 karakterlik 256 bit boyutunda çıktılar üretir. Bu da 2^{256} farklı hash değeri demektir. Başka bir ifade ile yaklaşık olarak 10^{77} sonucunu vermektedir. Günümüzde bilinen evrende 10^{80} atom olduğu tahmin edilmektedir. Bu veriler 2^{256} sayısının büyüklüğünü

⁴⁷ Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 50.

⁴⁸ Güven, *Dijital Dönüşümde Blokzincir Teknolojisi ve Bitcoin’in Ekonomiye Etkisi*, 9.

⁴⁹ Kula, *Blokzinciri Tabanlı Ödeme ve Müşteri Sadakat Sistemi Geliştirilerek Enerji Sektörüne Uygulanması*, 23; *Blokzincirlerde Güvenlik ve Mahremiyet*, 22.

⁵⁰ Reyhan Yılmaz, *Ürünlerin Tedarikçiden Tüketicieye Ulaşmasını Takip Edecek Bir bBok zinciri Sisteminin Tasarlanması* (İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2019), 10; Kula, *Blokzinciri Tabanlı Ödeme ve Müşteri Sadakat Sistemi Geliştirilerek Enerji Sektörüne Uygulanması*, 24.

⁵¹ Kula, *Blokzinciri Tabanlı Ödeme ve Müşteri Sadakat Sistemi Geliştirilerek Enerji Sektörüne Uygulanması*, 28.

⁵² Muhammet Ali Efendioğlu, *Cari Mutabakat ve Ödeme İşlemleri İçin Ethereum Tabanlı Blokzincir Teknolojisinin Kullanımın Önerilmesi* (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2020), 15; *Blokzincirlerde Güvenlik ve Mahremiyet*, 23.

somutlaştırmaktadır. Teorik olarak, yukarıda bahsedilen zayıf veya güçlü çarpışma oluşması mümkündür ancak pratikte 2^{128} deneme yapılması gerekmektedir ki günümüzde mevcut işlemci kapasitesi ile mümkün değildir.⁵³

Tablo 1.1: SHA Özetleme Algoritmalarının Özellikleri

Algoritma Versiyonlar	Çıkış Boyut (bit)	İç Yapı Boyut (bit)	Blok Boyut (bit)	Max Mesaj Boyut (bit)	Uzun luk (bit)	Döngü Sayısı	Mantık İşlem
MD5	128	128	512	$2^{64}-1$	32	64	And, or, xor, rotate
SHA-0	160	160	512	$2^{64}-1$	32	80	And, or, xor, rotate
SHA-1	160	160	512	$2^{64}-1$	32	80	And, or, xor, rotate
SHA-2	SHA-224	224	256	$2^{64}-1$	32	64	And, or, xor, shr, rotate
	SHA-256	256					
	SHA-384	384					
	SHA-512	512	512	$2^{128}-1$	64	80	And, or, xor, shr, rotate
	SHA-512/224	224					
	SHA-512/256	256					
SHA-3	224/256/384/512	1600	1152/1088	Limitsiz	64	120	And, xor,not, rotate

Kaynak: Önder Kula, *Blokzinciri Tabanlı Ödeme ve Müşteri Sadakat Sistemi Geliştirilerek Enerji Sektörüne Uygulanması* (Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2019), 28.

SHA-256 algoritmasının işleyişine örnek olarak “İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ İSLAM HUKUKU ANABİLİM DALI” ifadesinin hash değer çıktısı “6c044610fc9029327bb1f15d74656080b54648e9f9726ff1d22f1d77482e060”dır.

Belirttiğimiz ifadenin başına 0 eklediğimizde “fa68cd096f37a98c9ce8d3834f80a18961cac51bdd9be114b5c86e08a7fa1776” çıktısını vermektedir.⁵⁴

⁵³ Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 115; Murat, *Blockchain ile Güvenli Elektronik Sağlık Sistemi*, 5; Meltem Çakmak, *Kripto Paraların Gelişim Süreci, Blokzincir Teknolojisi ve Kripto Paraların Türkiye’de Vergilendirmesi* (İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2019), 34.

⁵⁴ Movable Type Scripts, “SHA-256 Cryptographic Hash Algorithm” (Erişim 25 Ekim 2020).

C. Merkle Tree (Merkle Ağacı)

1979 yılında Ralph Merkle'nin patentini aldığı ve 1991 yılında Stuart Haber ve W. Scott Stornetta tarafından Bitcoin blokzinciri için geliştirilen yöntemdir.⁵⁵ İngilizce ifadesiyle Merkle Tree, Merkle Root veya Hash Root; Türkçe ifadesiyle Merkle Ağacı, Merkle Kökü, Kök Özeti veya İkili Özet Ağacı olarak bilinmektedir.⁵⁶

Blokzincirinde her bir blokta birden fazla veri (işlem) yer alabilmekte ve büyük veri yığınlarına dönüşebilmektedir. Örneğin Bitcoin blokzincirinde on dakikada bir zincire yeni bir blok eklenmekte ve bu süre içinde yapılan binlerce işlem 32 baytlık sabit boyutta merkle köküne sahip bir blokta toplanmaktadır.⁵⁷ Merkle ağacı, büyük veri yığınlarını verimli bir şekilde özetlemek, bütünlüğünü doğrulamak ve verilerin değişmezliğini sağlamak için kullanılan yöntemdir.⁵⁸ Kişiden kişiye (P2P) ağlarda veri bloklarının hasarsız ve değiştirilmemiş olarak aktarılmasını ve saklanmasını sağlarlar. Kişiden kişiye ağlardan olan Bitcoin ve Ethereum'un temelini oluştururlar.⁵⁹

Blok içerisinde yer alan ve hash özetleri alınan veriler merkle ağacında genellikle ikiye bölünerek gruplanır ve gruplanan hash özetlerinin beraberce hash özeti alınır. Oluşturulan her bir yeni hash özetinin ikili gruplar halinde birleştirilerek yeniden hash özetleri alınır ve bu işlem tek bir hash özetine ulaşmaya kadar devam eder. Elde edilen bu tek hash özetine Merkle kökü denir. İkili veri gruplarından oluşan şekle de merkle ağacı denir. Şayet bloktaki veri sayısı tek olursa ikiye bölünerek gruplama yapıldığından son verinin kendisiyle çift olarak hash özeti alınır. Merkle ağacı, blokzincire üç önemli katkı sağlamaktadır. İlki blokzincirin bir bloğunda yer alan veri yığınının bir tek hash özeti oluşturularak bloğun boyutunu sistemde verimli şekilde işlenebilecek kadar azaltır.⁶⁰ İkincisi, son aşamada ulaşılan merkle kökü ikiye bölünerek grupların hash özetlerinden oluştuğu için verilerde yapılacak herhangi bir

⁵⁵ Dedeoğlu, *A'dan Z'ye Blockchain*, 24-25.

⁵⁶ Tikveşli, *Blok Zincir Teknolojisi ve %51 Sorunsalı*, s.13.

⁵⁷ Görmez, *Finansal Sektörde Yıkıcı Yenilik Dağıtılmış Defter Teknolojisi ve Türkiye Sermaye Piyasalarının Durumu*, 22.

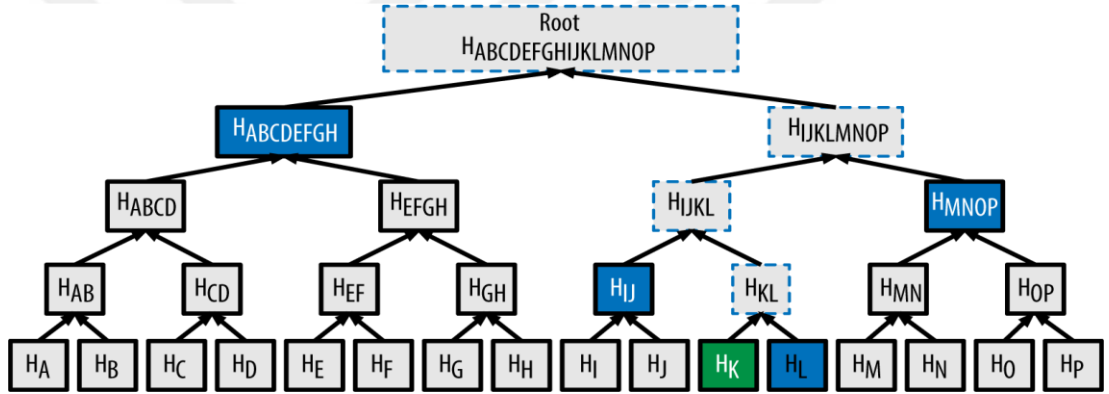
⁵⁸ Görmez, *Finansal Sektörde Yıkıcı Yenilik Dağıtılmış Defter Teknolojisi ve Türkiye Sermaye Piyasalarının Durumu*, 21.

⁵⁹ Dedeoğlu, *A'dan Z'ye Blockchain*, 25.

⁶⁰ Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", 4.

değişiklik merkle kökünü değiştirecek ve bloğun zincire eklenmesine engel olacaktır. Üçüncüsü ise işlem teyitlerinin oldukça kolaylaştırır. Kullanıcılardan biri bir işlemi doğrulamak istediğinde bloktaki tüm ikişerli hash özetlerini tekrardan hesaplamaz. Bunun yerine, doğrulayacağı bir işlemi kendisi özetler ve bu işlemin yer aldığı çiftteki diğer özet değeri hesap yapmadan kayıtlardan alır. Çıkan özet değerin diğer çiftini de kayıtlardan alır ve bu doğrulama işlemi merkle köküne ulaşana kadar devam eder. Kayıtlardan alınan hashler, doğrulama yolu olarak ifade edilir. Bu durumda, her işlemi ayrı ayrı doğrulamak yerine her üst katmanda yer alan bir işlemi doğrulayarak oldukça verimli bir şekilde bloğun doğruluğu ve bütünlüğü sağlanır.⁶¹

Şekil 1.4: Merkle Ağacı



Kaynak: Burak Görmez, *Finansal Sektörde Yıkıcı Yenilik Dağıtılmış Defter Teknolojisi ve Türkiye Sermaye Piyasalarının Durumu* (Ankara: Sermaye Piyasası Kurulu Aracılık Faaliyetleri Dairesi, Yeterlik Etüdü, 2017), 23.

D. Blok

Blok, blokzincir ağındaki her bir zincir halkasını ifade etmektedir. Her bir blok kendisinden önceki bloğun özetini içerdiği için bu dağıtık veri tabanı zincire benzetilmektedir. Bu zincir zaman açısından doğrusal olacak şekilde birbirine bağlıdır.

Blokzincirinde genesis blok, işlem blokları ve yetim bloklar (öksüz blok/orphan block) olmak üzere üç farklı blok türü bulunmaktadır.⁶² Blokzinciri

⁶¹ Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 58-59; Görmez, *Finansal Sektörde Yıkıcı Yenilik Dağıtılmış Defter Teknolojisi ve Türkiye Sermaye Piyasalarının Durumu*, 22-23; Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 114.

⁶² Seçkin Kara, *Blok zinciri Teknolojisi Temelli Kitlesel Fonlama Üzerine Bir İnceleme* (İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2020), 8; Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 71.

ağında ilk oluşturulan bloğa genesis blok denir. Başlangıç bloğu veya sıfır bloğu olarak da isimlendirilmektedir. Sonrasında üretilecek bloklar genesis bloğunda oluşturulan kurallara göre üretilir. Sonradan bu kurallar güncellenebilmektedir.⁶³ Oluşturulan kuralları kabul eden kullanıcılar ağa katılırlar. Genesis bloğundan önce başka bir blok olmadığı için “bir önceki bloğun hash değeri (previous block hash, parent block hash)” olarak zincirin yaratıcı tarafından bir değer atanır. Bu değer genellikle 256 adet 0’dan oluşur.⁶⁴

İşlem blokları, belirli kurallar çerçevesinde kabul edilen işlemlerin kaydedildiği bloktur. Blok ifadesi mutlak olarak kullanıldığında genelde işlem blokları kastedilmektedir.

İki madencinin eş zamanlı olarak aynı sıradaki bloğu oluşturması sonucunda oluşan iki farklı blok oluşur. Bunlardan biri zincire dahil edilirken diğer bloğun içinde yer alan işlemler tekrar üzerinde çalışılmak üzere işlemler havuzuna aktarılır. Zincire dahil edilmeyen bloğa yetim blok veya öksüz blok adı verilir.⁶⁵ Öksüz bloğun Ethereum blokzincirindeki karşılığı “amca blok” olarak isimlendirilmektedir.⁶⁶

Blok bir başlık ve gövdeden oluşmaktadır. Başlık kısmında blok sürümü (blok versiyonu), blok hash değeri, merkle kökü, zaman damgası, zorluk derecesi (nBit), nonce, bir önceki bloğun özet değeri yer almaktadır. Gövde de ise onaylanmış işlem kayıtları ve işlem sayacı bulunmaktadır.⁶⁷

⁶³ Doğa Özcan, *Blokzincir Mimarisi ve Merkezi Olmayan Uygulamalar* (İstanbul: Pusula, 2019), 23.

⁶⁴ Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 53; Efendioğlu, *Cari Mutabakat ve Ödeme İşlemleri İçin Ethereum Tabanlı Blokzincir Telnolojisinin Kullanımın Önerilmesi*, 7.

⁶⁵ Kara, *Blok zinciri Teknolojisi Temelli Kitleli Fonlama Üzerine Bir İnceleme*, 8; Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 72.

⁶⁶ Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 109.

⁶⁷ Tanrıverdi vd., “Blokzinciri Teknolojisi Nedir?”, 207; Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 54-55; Efendioğlu, *Cari Mutabakat ve Ödeme İşlemleri İçin Ethereum Tabanlı Blokzincir Telnolojisinin Kullanımın Önerilmesi*, 7-8.

Şekil 1.5: Blok Yapısı



Kaynak: Mustafa Tanrıverdi vd., “Blokzinciri Teknolojisi Nedir? Ne Değildir?: Alanyazın İncelemesi”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, (Temmuz 2019), 207.

Blok sürümü (versiyonu): Bloğun hangi kurallara (consensus rules) göre oluşturulduğunu belirten kısımdır. Bir blok oluşturulurken uzunluğu, yapısı, alanların sırası, kayıtların şekli gibi uyulması gereken kurallar vardır. Bu kurallar zamanla bütün kullanıcıların veya çoğunluğun fikir birliği ya da yetkili grubun kararı ile güncellenebilir.⁶⁸

Blok hash değeri: Madencilerin, mutabakat algoritmasını çalıştırmalarıyla ortaya çıkardıkları özet değeridir.⁶⁹

Merkle kökü (Merkle root): Bloktaki bulunan bütün işlem özetlerini temsil eden biricik (tek bir) özet değeridir.

Zaman damgası (Time stamp): Bloğun üretildiği zamanı temsil eder. Unix’in Epoch zaman formatında gösterilir. Bu da 1 Ocak 1970 GMT 00:00’dan itibaren kaç saniye geçtiğini gösterir.⁷⁰

⁶⁸ Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 56; Aydın, *Blokzincir Altyapısı Kullanarak Dijital Kimlik Doğrulama*, 15.

⁶⁹ Özcan, *Blokzincir Mimarisi ve Merkezi Olmayan Uygulamalar*, 10.

⁷⁰ Aydın, *Blokzincir Altyapısı Kullanarak Dijital Kimlik Doğrulama*, 16; Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 60; Tanrıverdi vd., “Blokzinciri Teknolojisi Nedir?”, 207.

Blok süresi: Blokzincir tasarlanırken belirlenen bir periyottur. Ağda yeni bir blok üretip zincire eklemek için gereken süredir. Bu süre uzatılırsa blok içerisine daha fazla işlem alınabilir ancak bu durumda işlem hızı azalacaktır. Süre kısaltılırsa işlem hızı artacaktır. Örneğin; Bitcoin için blok süresi 10 dakika, Ethereum için ise 13 ila 19 saniye arasındadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus blok süresinin blok boyutu ile doğru orantılı olduğudur. Aksi takdirde bloğa eklenmek üzere bekleyen işlem kuyruğu veya bloğa eklenmesi beklenen eksik işlemler oluşabilir.⁷¹

Zorluk Derecesi: Bir blok üretiminin süreceği zamanı ve doğrulama için çözülmesi gereken matematik probleminin zorluk derecesini ifade eder. Zorluk derecesi sistemde hesaplama yapan madenci sayısı ile paraleldir. Her bir madenci bir işlemci gücünü CPU ifade eder. Ağa yeni madenciler katıldığında blok oluşturma süresinin kısalması için zorluk değeri arttırılır, madenci çıkışı olduğunda ise azaltılır. Böylelikle hedeflenen zaman diliminde üretilecek blok sayıları sabitlenmektedir.⁷²

Nonce: Tek kullanımlık sayıları ifade etmektedir. Kurala uygun hash değeri bulunana kadar nonce alanındaki sayıların deneme-yanılma yaparak değiştirilmesini ifade etmektedir.⁷³

Bir önceki bloğun hash değeri (Previous hash): Bir önceki bloğun içerdiği tüm verilerin parmak izidir. Bu sayede bloklar birbirine bağlanır ve değiştirilemez olurlar.

İşlem sayacı: Bloкта kaç adet işlem bulunduğunu belirtir.

Blok yüksekliği (Height): Bir blokzincirinde üretilen toplam blok sayısını ve en son eklenen bloğun kaçınıcı blok olduğunu ifade eder. Örneğin genesis bloğu sıfır yüksekliğine sahiptir.⁷⁴

⁷¹ Dedeoğlu, A'dan Z'ye Blockchain, 32.

⁷² Özcan, Blokzincir Mimarisi ve Merkezi Olmayan Uygulamalar, 10; Blokzinciri Teknolojisi ve Terminolojisi Çalışması, 29; Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", 3.

⁷³ Güven, Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor, 62.

⁷⁴ Blokzinciri Teknolojisi ve Terminolojisi Çalışması, 13.

Blok boyutu: Bir blok içerisine koyulması gereken veri boyutunu ifade eder. Örneğin 5 mb’lık bir bloğun başlığında ve gövdesinde yer alan toplam boyut ancak 5 mb olabilir.⁷⁵

Blok ödülü (Block reward): Bir blokta yer alan şifreli işlem kayıtlarını doğrulayan madencilere verilen teşvik ödülüdür.⁷⁶ Bu ödülü, bloğu üretmeyi ilk başaran ve bloğu diğer kullanıcılar tarafından onaylanıp zincire eklenen madenci alır.

E. Çatallaşma (Fork)

Çatallaşma “bir blokzincirin teknik değişiklik ya da bir zorunluluk nedeniyle birden fazla kola ayrılması” olarak tanımlanmaktadır.⁷⁷ Blokzincir ağına tam node (tam düğüm) olarak katılan herkes katıldığı blokzincir platformu ağının tam kopyasına sahip olurlar.⁷⁸ Genellikle bu ağları geliştirmek ve performansını arttırmak için geliştiricileri tarafından güncellemeler yapılmaktadır.⁷⁹ Bu güncellemeler her ne kadar geliştiriciler tarafından teklif edilse de madenci ve doğrulayıcı tam nodeler tarafından uygulanmadıkça blokzincire etkileri olmaz. Zira, madenci ve doğrulayıcı nodeler blokzincir ağının devamlılığını sağlayan temel unsurları oluştururlar. Zaten çatallaşmanın oluşabilmesi için sistemin açık kaynak kodlu olması gerekmektedir.⁸⁰ Dolayısıyla çatallaşmanın özellikle izin gerektirmeyen açık blokzincirlerde ve belki izin gerektirmeyen özel blokzincirlerde olabileceğini söyleyebiliriz.

Blokzincir ağı kopyasının ağdaki tam nodeler tarafından farklı zamanlarda temin edilmesi, birbirine yakın ya da eş zamanlı olarak farklı iki bloğun zincire eklenmesi ve yapılan güncellemeler neticesinde bazı durumlarda madencilerin veya doğrulayıcıların güncellemeleri gecikmeli olarak yüklemeleri veya hiç yüklememeleri sebebiyle çatallaşma olup ana zincir dışında geçici veya kalıcı ikincil zincirler oluşabilmektedir. Şayet sonraki bloklar ikincil zincire eklenmeye devam

⁷⁵ Dedeoğlu, A’dan Z’ye Blockchain, 32; Güven, Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor, 54.

⁷⁶ Blokzinciri Teknolojisi ve Terminolojisi Çalışması, 13.

⁷⁷ Blokzinciri Teknolojisi ve Terminolojisi Çalışması, 14.

⁷⁸ Usta - Doğanterkin, Blockchain 101, 98.

⁷⁹ Dedeoğlu, A’dan Z’ye Blockchain, 101.

⁸⁰ Binance Academy, “Hard Fork ve Soft Fork Nedir?” (Erişim 10 Mayıs 2021).

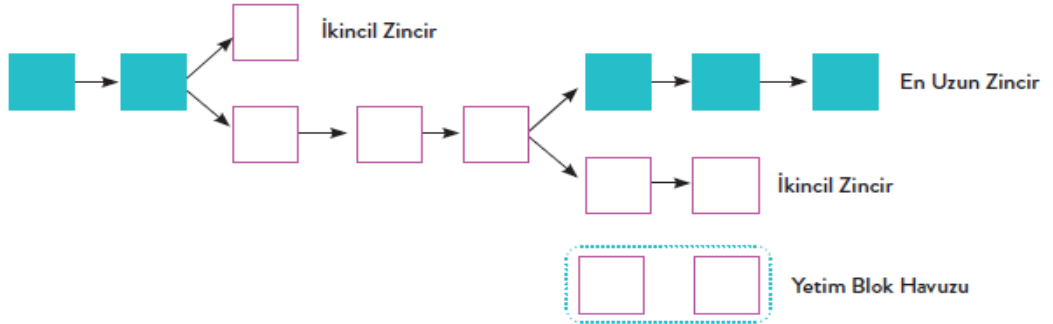
ederse ikincil zincir ana zincire dönüşür.⁸¹ Blokzincirde, nodeler en uzun blokzincir kaydını tespit ve o kaydı iletme amacıyla hareket ederler.⁸² Zira, madenciler ürettikleri bloğu ancak en uzun blokzincirine ekleyebilirlerse gelir sağlayabilirler.⁸³

1. Geçici/Yumuşak Çatallaşma (Soft Fork)

Gerçekleştirilen güncellemeler sonucunda güncellemeyi yapmayan nodeler ağa yeni blok ekleyemeyip mutabakat sürecine dahil olabilirlerse, yani madenci düğümü olamayıp doğrulayıcı düğüm olabilirlerse, geçici/yumuşak çatallaşma gerçekleşir. Geçici çatallanmaya sebep olan düğümler güncellemeleri yüklediklerinde çatallanan zincirden çıkarak ana blokzincire dönerler.⁸⁴

İki düğümün aynı sıradaki henüz bağlanmamış zincir halkasının, örneğin 35. sıraya eklenecek zincir halkasının, farklı versiyonlarını aynı anda üretip yayınlamaları muhtemeldir. Bu durumda diğer düğümler yayınlanan bu iki farklı versiyondan biri üzerinde doğrulama işlemi yaparken zincirin diğer versiyon üzerinden devam etme ihtimaline karşılık bu versiyonu saklarlar. Zincirin diğer versiyon üzerinden devam etmesi diğer başka düğümler tarafından bu versiyonun doğrulandığı anlamına gelmektedir.⁸⁵

Şekil 1.6: Geçici/Yumuşak Çatallanma ve En Uzun Blokzincir



Kaynak: Ahmet Usta - Serkan Doğantekin, *Blockchain 101* (Bankalararası Kart Merkezi, t.y.), 127.

⁸¹ Usta - Doğantekin, *Blockchain 101*, 126-127.

⁸² Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", 3; Usta - Doğantekin, *Blockchain 101*, 126.

⁸³ Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", 4; Usta - Doğantekin, *Blockchain 101*, 128.

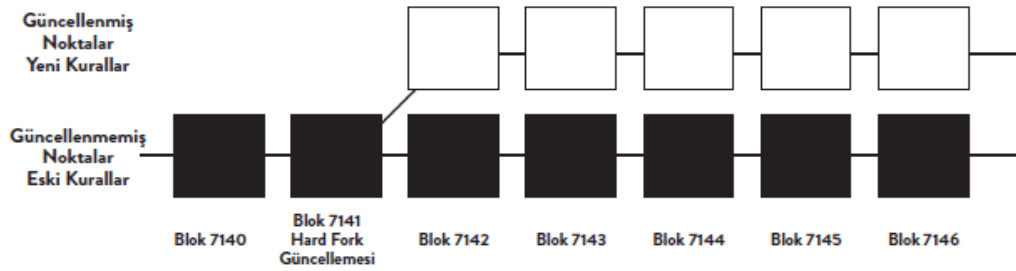
⁸⁴ Usta - Doğantekin, *Blockchain 101*, 98-99; Dedeoğlu, *A'dan Z'ye Blockchain*, 101-102; Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 68.

⁸⁵ Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", 3-4.

2. Mecburi/Sert Çatallaşma (Hard Fork)

Gerçekleştirilen güncellemeler sonucunda güncellemeyi yüklemeyen nodeler yeni blok üretmezler ve mutabakat sürecine dahil olamazlarsa mecburi/sert çatallaşma gerçekleşir. Dolayısıyla güncellemeyi yapan nodelerin ürettikleri blokların kopyasına sahip olamazlar. Ancak eski mutabakat protokolüne uyarak yeni bloklar üretebilirler ve bu mutabakat protokolüne göre üretilen blokların kopyalarına sahip olabilirler. Eski mutabakat protokolünü uygulayan nodeler yeni yapıya geçmeme kararı alabilirler. Böylelikle eski mutabakat ve yeni mutabakat protokollerinin ayrı ayrı uygulandığı iki farklı blokzincir ağı oluşur.⁸⁶

Şekil 1.7: Mecburi/Sert Çatallanma



Kaynak: Ahmet Usta - Serkan Doğantekin, *Blockchain 101* (Bankalararası Kart Merkezi, t.y.), 99.

Sert çatallaşmanın en önemli örneği “The DAO” (Decentralized Autonomous Organization – Merkezi Olmayan Özerk Kurum) üzerinde gerçekleşmiştir. 2016 yılında Ethereum blokzinciri üzerinde gerçekleşen bir sert çatallaşmadır. The DAO projesi gerçekleştirdiği bir ICO ile Nisan 2016 tarihinde 170 milyon dolar değere sahip Ether toplamıştır. The DAO akıllı sözleşmesinde bulunan açık sebebiyle toplanan fonun üçte biri akıllı sözleşme şartları ihlal edilmeden başka bir hesaba aktarılmıştır. Alınan karar sonrasında gerçekleştirilen bu para aktarım işlemleri geri alınmış ve blokzincir sisteminin temel kurallarından olan geri alınamama kuralına istisna getirilmiştir. Bazı nodeler ise geri alma işlemine karşı çıkmış ve Ethereum’un ana zincirinden ayrılarak Ethereum Classic zincirini oluşturmuşlardır. Böylelikle

⁸⁶ Usta - Doğantekin, *Blockchain 101*, 99; Dedeoğlu, *A’dan Z’ye Blockchain*, 102; Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 68-69.

başlangıç noktaları aynı ancak 2016 itibarıyla ayrılan iki farklı blokzincir ağı mevcuttur.⁸⁷

Blokzincir ağlarında sert çatallaşma yumuşak çatallaşmaya göre daha az karşılaşılan bir durumdur.⁸⁸ Ancak yumuşak çatallaşma olması veya eş zamanlı ya da yakın zamanlı olarak iki farklı blok eklenmesi sık karşılaşılan bir durum olarak belirtilmektedir. Bitcoin blokzincirinde haftada bir, tek blok uzunluğunda çatallaşma gerçekleşmesi normal kabul edilmektedir. Blok üretim hızı arttıkça çatallaşma görülme sıklığı da artmaktadır.⁸⁹ Ethereum blokzincirine bakıldığında bir saatte 3 ila 6 arası, bir blokluk, çatallaşma gerçekleşmektedir.⁹⁰

F. Blokzincir Türleri

Blokzincir teknolojisi ihtiyaçlara ve kullanım alanlarına göre farklılaşmaktadır. Blokzincir, her ne kadar merkeziyetsiz ve herkesin katılabildiği bir ağ yapısı üzerinde ortaya çıksa da zaman içinde yaygınlaşması ve kullanım alanlarının çeşitlenmesi sebebiyle farklı ağ yapıları geliştirilmiştir. Farklılaşan blokzinciri türlerinin sınıflandırmasında ve açıklanmasında ise literatürde kavram karmaşası dikkat çekmektedir.

Blokzincir türleri ilk olarak veri okuma yetkisini esas alarak açık (public) ve özel (private) blokzinciri olarak ikiye ayrılmaktadır.⁹¹ Her iki kısım da kendi içinde veri yazma-işleme yetkisini⁹² esas alarak izin gerektiren ve izin gerektirmeyen olarak ikiye ayrılmaktadır. Literatürdeki sınıflandırmalardan farklı olarak kanaatimizce blokzincirin önce veri okuma esasına göre ayrılması, sonrasında veri işleme esasına

⁸⁷ Usta - Doğanterkin, *Blockchain 101*, 100; Dedeoğlu, *A'dan Z'ye Blockchain*, 102-103; Mete Tevetoglu, "Ethereum ve Akıllı Sözleşmeler", *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi* 12/1 (2021), 205.

⁸⁸ Bitcoin'deki çatallaşmalar için bkz. Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 71.

⁸⁹ Usta - Doğanterkin, *Blockchain 101*, 127.

⁹⁰ Etherscan, "Forked Blocks", *Etherscan* (Erişim 11 Mayıs 2021).

⁹¹ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 119.

⁹² Mutabakat protokolü güncelleme, mutabakat protokolüne göre blok oluşturma, blok doğrulama ve benzeri yetkileri ifade eder.

göre sınıflandırılması daha uygun olacaktır.⁹³ Çünkü verinin işlenebilmesi için öncelikle veriye ulaşılabilmesi gerekmektedir.

1. Açık Blokzinciri

İnternet erişimi olan herhangi biri hiçbir şart aranmaksızın istediği zaman açık blokzincirin ağına giriş yapabilir ve çıkabilir. Merkezi bir otorite yoktur ve verilere erişimde herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır. Bu ağ türünde katılımcı sayısı arttıkça veri bilgilerini içeren dağıtık defter sayısı da artmaktadır. Böylece ağın %51 saldırılarına karşı güvenliği artmakta ve şeffaflık ön plana çıkmaktadır ancak her ne kadar kriptografi ile gizlilik sağlansa da katılımcı bilgilerine ve yapılan işlem içeriklerine ulaşma ihtimali, az da olsa, bulunmaktadır. Ayrıca ağda katılımcı sayısının fazla olması doğrulama sürecinin uzun sürmesine ve sonuç olarak verimliliğin düşmesine sebep olmaktadır.⁹⁴ Bu ağın bir başka özelliği de ağ etkisinden faydalanma imkanına sahip olmalarıdır.⁹⁵

a. İzin Gerektirmeyen Açık Blokzinciri

İzin gerektirmeyen açık blokzincirinde ağa katılma, veri okuma ve veri işleme için herhangi bir kısıtlama bulunmamaktadır. İsteyen herkes ağa katılabilir, veri akışını takip edebilir. Ayrıca genesis blokta belirlenen mutabakat protokollerinin güncellenme sürecine katılabilir, verileri belirlenen mutabakat protokolleri çerçevesinde bir blok içinde toplayıp blok oluşturabilir ve başkası tarafından oluşturulan bir bloğun doğrulamasını yapabilir.⁹⁶

⁹³ Literatürde Açık ve Özel ayrımı altında Bütünüyle/Kısmen İzin Gerektiren/Gerektirmeyen ayrımı açık-özel ayrımının ve izinli-izinsiz ayrımının dayandığı esasları karıştırmaktadır. Nitekim Kısmen izin gerektirmeyen ifadesinden izin gerektiren; kısmen izin gerektiren ifadesinden de izin gerektirmeyen anlaşılmaktadır. Literatürdeki ayrımlar ile ilgili bkz. Güçlü, *Blokzincir Teknolojisi ve Gümrük İşlemlerinde Blokzincir Uygulama Alanlarının İncelenmesi*, 28-29; Usta - Doğanterkin, *Blockchain 101*, 32-33.

⁹⁴ Uğur Çelik, *Kentsel Raylı Sistem Projeleri Özelinde BIM ve Akıllı Sözleşme Entegrasyonu* (İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2020), 59; Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 119; Nasuhoğlu, *Blockchain Teknolojisiyle Açık Anahtar Altyapısı Tabanlı Elektronik Sertifika Durum Bilgilerinin Yönetilmesi*, 26.

⁹⁵ Ağ etkisi, bir mal veya hizmeti kullanan kişi sayısının artmasının, o mal veya hizmetin diğerleri nezdindeki değerinin de artması anlamına gelmektedir. Binance Academy, "Ağ Etkisi Nedir?" (Erişim 25 Mayıs 2021).

⁹⁶ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 119; Usta - Doğanterkin, *Blockchain 101*, 30.

İzin gerektirmeyen açık blokzinciri merkezi bir yapıya ve güvenilir katılımcılara ihtiyaç duymamakta; güveni, mutabakat algoritmaları ile sağlamaktadır. Olabildiğince çok kişinin ağa dahil olması ve mutabakat sürecine katılmaları; verilerin daha fazla kopyasının olması, mutabakat protokolünü uygulayacak daha fazla potansiyel madenci olması ve ağın değerinin artması anlamına geleceğinden güvenliği, saldırılardan korunmayı, veri kaybının önüne geçmeyi ve sürdürülebilirliği sağlamaktadır.⁹⁷ Düğümler, bu ağ türünün rükünleri, olmazsa olmazlarıdır. Çünkü ağda herhangi bir katılımcı olmazsa ağ üzerinde işlem yapılmayacak ve güveni sağlayan mutabakat süreci işlemeyecektir. Katılımcı sayısının artışı doğrultusunda ağın da değeri artmaktadır. Bunlarla birlikte bu ağ türünde katılımcı sayısı fazla olduğu için oluşturulan bloğu doğrulama süreci uzamaktadır. Ayrıca merkezi bir otorite olarak gerçek veya tüzel kişi/kişiler tarafından kontrol altına alınmadığı için devletler tarafından regüle edilmesi zorlaşmaktadır. İzin gerektirmeyen açık blokzincirine Bitcoin ve Ethereum platformu örnek verilebilir. Bu ağ türü, genellikle kripto para gibi blokzinciri üzerinde yaratılan varlıklar için kullanılmaktadır. Çünkü madenciler ve doğrulayıcılar tarafından zincir dışındaki varlıkların zincirde oluşturulan varlıklar gibi kontrol edilmesi mümkün değildir. Bu durumda zincir dışında oluşturulan varlıkların veya gerçekleşen olayların kontrol edilmesini araçlar (oracle) üstlenmektedir. Örneğin, bir gıda firmasının tedarik ettiği gıdaların tüketiciye gelene kadar hangi aşamalardan geçtiği açık blokzinciri ile şeffaf bir şekilde takip edilebilir ancak verileri okuyan herkesin bu tedarik zincirinde madenci ve doğrulayıcı olması mümkün değildir. Bu durumda yetkilendirilmiş belirli madenci ve doğrulayıcılara, yani izin gerektiren açık blokzinciri türüne ihtiyaç oluşmaktadır.⁹⁸

b. İzin Gerektiren Açık Blokzinciri

Blokzincir ağına isteyen herkes katılıp verilere erişebiliyor ancak veriler üzerinde işlem yapmak için belirli bir gerçek veya tüzel kişilik tarafından yetki

⁹⁷ Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 31.

⁹⁸ Görmez, *Finansal Sektörde Yıkıcı Yenilik Dağıtılmış Defter Teknolojisi ve Türkiye Sermaye Piyasalarının Durumu*, 24; Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 30-31; Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 119-120; Tanrıverdi vd., “Blokzinciri Teknolojisi Nedir?”, 205-206.

verilmesi gerekiyorsa bu ağ türüne izin gerektiren açık blokzinciri denmektedir. Bu ağ türü genellikle özel amaçlara hizmet etmek için tasarlanmıştır. Ağda okunan veriler, verilere erişenler için bir değer sunmaktadır.⁹⁹ Ayrıca ağda mutabakat sürecine katılacaklar zincir dışındaki verileri kontrol eden araçlar olabilir. Kendilerine yetki verilen bu araçların zincir dışında gerçekleştirdikleri işlemlerde uymaları gereken kurallar belirlenebilir ve kurallara uymaları denetlenebilir. Bir bakıma geleneksel yönetim modelleri ile blokzincirin getirdiği avantajlar bir arada kullanılabilir. Tedarik zinciri bu ağ türünün en önemli örneklerinden olabilir. Örneğin Müslümanların azınlıkta olduğu bir ülkede kırmızı et üretiminde üreticiden tüketiciye kadar geçilen aşamalar şeffaf bir şekilde takip edilebilir ve ürünün şeri standartlara uygunluğu, kalitesi ve maliyeti hususunda tüketicinin şüpheleri giderilmiş olur. Bu takip sürecinde de devlet mekanizmaları mutabakatı ve doğrulamayı sağlamada yetki sahibi olabilir. Bir başka örnek olarak Ethereum temelli Ujo Music örnek verilebilir.¹⁰⁰

2. Özel Blokzinciri (Private Blockchain)

Özel blokzinciri ağına giriş yapmak ve verileri okumak için izin verilmesi gerekmektedir. Açık blokzincirde kriptografik algoritmalar güçlü değilse şifreler çözülebilir, işlem yapmayı sağlayan anahtarlar çalınabilir ya da kaybolabilir, zincirde bulunan katılımcılar zincir dışına bilgi sızdırabilir. Herhangi bir güvenlik endişesi olmasa bile ağın kullanılacağı alanlar (use cases) açık blokzincirini gerektirmeyebilir. Dolayısıyla kamu veya özel şirketler tarafından açık blokzinciri sakıncalı görülebilir.¹⁰¹ Özel blokzincir türünü savunanlar, verileri zaman damgalı bloklara bölen herhangi bir ağ yapısının blokzincir kapsamında değerlendirileceğini iddia etmekte. Özel blokzinciri ile zincir dışında yapılan geleneksel işlemlerin birleştirilmesi mümkün olduğu için geleneksel sistemlerin kendi yapılarını tamamen değiştirmeden blokzincirin avantajlarından faydalanmaları daha kolay olabilir.

⁹⁹ Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 32.

¹⁰⁰ Kerem Ataşen, *Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmeler: Güvenilir Bir Dijital Sertifikasyon Uygulaması Geliştirilmesi* (Edirne: Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2019), 6; Atahan, *Blockchain Teknolojisi ve Finansal Proje Örneklerinin Karşılaştırılması*, 8; Serap Erözel Durbilmez, *Blockchain Teknolojisinin Finans Sektöründeki Yeri ve Uygulamaları* (İstanbul: Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2018), 60; Nasuhoğlu, *Blockchain Teknolojisiyle Açık Anahtar Altyapısı Tabanlı Elektronik Sertifika Durum Bilgilerinin Yönetilmesi*, 27.

¹⁰¹ Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 32.

Ayrıca katılımcı sayısı daha az olacağı için yapılan işlemlerin daha hızlı gerçekleşeceği öngörülmektedir. Özel blokzincirin kısmi olarak merkezi olması; veri kaybı, saldırılar sonucu sistemin ele geçirilmesi, maliyetlerin yüksek olması gibi merkezi yapının bazı problemlerini beraberinde getirmektedir.¹⁰² Özel blokzinciri türü de veri işleme iznine göre izin gerektiren ve izin gerektirmeyen olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

a. İzin Gerektirmeyen Özel Blokzinciri

Bu blokzinciri türünde ağa giriş yapmak için izin verilmesi gerekmekte ancak ağa katılan herkes verileri işleyebilmektedir. Bu ağ yapısı sadece ilgili tarafları zincire dahil etmeyi ve dahil olan herkesin mutabakat sürecine katılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Ripple platformu kullanılarak bir bankanın şubeleri arasında yapılan havale sistemi örnek verilebilir. Bu durumda havale sistemine dahil olabilmek için o bankanın şubesi olmak gerekecektir. Sisteme dahil olduktan sonra yapılan havale işlemlerinde veri işleme hakkına sahip olacaktır. Her bir şubede yapılan işlemler diğer şubelerde de kayıt altına alınacaktır. Böylece havale sisteminin aksamaması ve verilerin güvenliği sağlanacaktır.¹⁰³

b. İzin Gerektiren Özel Blokzinciri

Bu blokzinciri türünde ağa katılım sağlanması ve verilerin işlenmesi için izin verilmesi gerekmektedir. Kamuya açılması riskli olan ya da ihtiyaç duyulmayan ve sistem içerisinde hiyerarşik bir güvenlik yapısı oluşturan ağ türüdür. Eğitim, katılım ve benzeri sertifikaların saklanması, paylaşılması ve görüntülenmesi için Quorum blokzinciri üzerinde çalışan Belgem.io uygulaması örnek olarak verilebilir.¹⁰⁴

Literatürde, yaptığımız sınıflandırmanın dışında Konsorsiyum Blokzinciri türü geçmektedir. Konsorsiyum Blokzincirinde ağa katılmak veya veri işlemek izne

¹⁰² Dedeoğlu, A'dan Z'ye Blockchain, 35-36; Görmez, *Finansal Sektörde Yıkıcı Yenilik Dağıtılmış Defter Teknolojisi ve Türkiye Sermaye Piyasalarının Durumu*, 25; Atahan, *Blockchain Teknolojisi ve Finansal Proje Örneklerinin Karşılaştırılması*, 7; Ataşen, *Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmeler: Güvenilir Bir Dijital Sertifikasyon Uygulaması Geliştirilmesi*, 6.

¹⁰³ Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 33; Ömer Faruk Kaya, *Gayrimenkul Sertifikalarının Blokzinciri ile Entegrasyonu* (İstanbul: İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2020), 16; Görmez, *Finansal Sektörde Yıkıcı Yenilik Dağıtılmış Defter Teknolojisi ve Türkiye Sermaye Piyasalarının Durumu*, 45.

¹⁰⁴ Kolektif, *Herkes İçin Blokzincir-Faz 2*, Araştırma Raporu (Mart 2020), 14.

tabidir. İzin gerektiren açık blokzincir, izin gerektiren ve gerektirmeyen özel blokzincir ile neredeyse aynı anlamı ifade etmektedir. Saydığımız bu türlerde tek bir gerçek ya da tüzel kişiliğin izin vermeye yetkisi vardır. Konsorsiyum blokzincirinde ise birden fazla gerçek veya tüzel kişilikler yetki sahibidir.¹⁰⁵

G. Blokzincir Ekosistemi

Temelini dağıtık ağ yapısının oluşturduğu blokzincir sistemine dahil olan her bir bilgisayara node adı verilmektedir. Blokzinciri teknolojisinden sisteme dahil olanlarla birlikte dahil olmayıp sisteme katkı sağlayan birimler de mevcuttur. Blokzincir ekosistemindeki birimler altı grupta toplanabilirler. Geliştiriciler, ağ katılımcıları, kullanıcılar, araçlar, imalatçılar ve topluluklar.

1. Geliştiriciler

Geliştiriciler, blokzincir platformlarının yazılımını kodlayan kişilerdir. Öz geliştiriciler, yardımcı geliştiriciler ve uygulama geliştiricileri olarak üçe ayrılırlar. Öz geliştiriciler, blokzincir platformunu ilk defa kodlayan kişilerdir. Yardımcı geliştiriciler, şayet blokzincir ağı açık kaynak kodlu ise ağ yazılımına gönüllü olarak destek olan kişilerdir. Öz geliştiriciler kod yazma veya geliştirme sürecinde yardımcı geliştiricilerden daha fazla hak ve yetkiye sahiptirler. Vitalik Buterin ve ekibi Ethereum blokzincirinin öz geliştiricileridirler. Açık kaynak kodlu olan Ethereum ağı üzerinde kurulan Chiliz'i geliştirenler ise yardımcı geliştiricilerdir. Uygulama geliştiricileri ise blokzinciri ağı üzerinde inşa edilecek uygulamaları kodlayan kişilerdir. Ethereum blokzinciri üzerinde akıllı sözleşme yazan kişiler uygulama geliştiricilerine örnektir. Bir başka örnek olarak Chiliz blokzinciri ağına kurulan FC Barcelona Token'i örnek verilebilir.¹⁰⁶

2. Ağ Katılımcıları

Ağ katılımcıları, blokzincir sistemini ayakta tutan ve devamlılığını sağlayan kişilerdir. Blokzinciri için “şart” mesabesindedirler. Ağ katılımcısı olmayan bir

¹⁰⁵ Ataşen, *Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmeler: Güvenilir Bir Dijital Sertifikasyon Uygulaması Geliştirilmesi*, 6-7.

¹⁰⁶ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 72-73; Paribu, “6 maddede Chiliz (CHZ)” (Erişim 27 Mayıs 2021).

blokzincir, geliştiricileri tarafından kodlanmış bir teoriden ileri gidemez. Blokzincir türlerine göre katılımcıların sorumlulukları değişebilmektedir. Açık ve tamamen merkeziyetsiz blokzincirlerde bütün katılımcılar eşittir. İsteyen sadece blokzincir üzerinden ticari işlem yapar isteyen de madenci veya onaylayıcı olabilir. Madenciler, blokzincirin tamamını cihazlarında depolamakta ve ağın geliştiricileri tarafından belirlenmiş mutabakat esaslarına göre blok oluşturmaktadırlar. Onaylayıcılar ise oluşturulan blokları kontrol eden ve onay ya da red veren kişilerdir.¹⁰⁷

3. Kullanıcılar

Kullanıcılar, blokzincirin müşterisi konumundadırlar. Kullanıcılar bireysel olabilecekleri gibi şirketler ve çeşitli organizasyonlar da olabilirler. Örneğin, Ethereum İşletmeler Birliği'ne BBVA, Kaspersky Lab, Microsoft gibi şirketler de dahildir. Blokzincir kullanıcısı olmak için ağ katılımcısı olmak zorunlu değildir. Bitcoin ile ödeme almak isteyen bir satıcı ağa katılmadan işlemini aracılar vasıtasıyla gerçekleştirebilir.¹⁰⁸

4. Aracılar

Aracılar, borsada işlem gören hisselerin alınıp satıldığı bankalar ve yatırım şirketlerine benzetilmektedir. Teknik olarak aracılar gerekli değildir. Buna rağmen merkeziyetsiz ve aracıları ortadan kaldırmayı hedefleyen blokzincirde birçok kullanıcı aracılar üzerinden işlem yapmaktadırlar. Aracıların kullanışlı arayüz sunmaları, madencilik faaliyetlerinde sigortalama ve madencilik havuzları gibi hizmet sunmaları, kripto paraları geleneksel para birimlerine çevirme imkanı sağlamaları bu durumun sebepleri arasındadır. BtcTurk ve Paribu ulusal aracılar, Binance ve Coinlist uluslararası aracılar örnek verilebilir. Aracı kullanımı bazı avantajlar sağlamakla birlikte blokzincirinin sağladığı güven mekanizmasına karşı zihinlerde soru işaretleri oluşturmaktadır. Bu satırların yazıldığı tarihte Thodex adlı ulusal aracı kuruluş kullanıcılarına hizmet verememekte ve kullanıcıların

¹⁰⁷ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 75.

¹⁰⁸ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 76.

yatırımlarının akıbeti bilinmemektedir. İlgili kuruluş hakkında da dolandırıcılık spekülasyonları dolaşmaktadır.¹⁰⁹

5. İmalatçılar

İmalatçılar, verimi arttırmak için madencilik faaliyetlerinde kullanılmak üzere donanım üretimi yapan kişilerdir. Madencilik üzerine kurulan blokzincirlerin gün geçtikçe büyümesiyle madencilik faaliyetleri yüksek güç ve enerji gerektirmektedir. Bu ihtiyacı karşılamak üzere işlemci (CPU), ekran kartı (GPU) ve uygulamaya özel tımlleşik devre (ASIC) donanımları imalatçıların oluşturdıkları sektör tarafından üretilmektedir.¹¹⁰

6. Topluluklar

Son olarak buraya kadar anlattığımız beş grubu kapsamakla birlikte, blokzincir hakkında hiçbir fikri olmadan itiraz edenler veya mahiyetini bilmeden olumlayanlar, blokzincir teknolojisinin hayata geçmesine öncülük eden gruplar, blokzincir platformları ile kurulan dernekler, devletler ve regülatörler blokzincir ekosisteminde toplulukları oluşturmaktadırlar. Nitekim blokzinciri teknolojisi toplumdan ve kültürden uzak bir yapı değildir. Toplumdaki ihtiyaçlar doğrultusunda ortaya çıkmış ve toplum tarafından şekillendirilmiştir. Nitekim ilk blokzinciri örneği olan Bitcoin 2008-2012 küresel ekonomik krizinin doğurduğu bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmıştır. Topluluklar ulusal ve uluslararası düzeyde blokzincir teknolojisinin gidişatında etkili olan aktörlerdir.¹¹¹

H. Mutabakat Protokolleri (Consensus)

Mutabakat algoritmaları, dağıtık ağ yapısında karşılıklı güvensizlik içinde olan düğümlerin birlikte çalışmasına imkân sağlayan çeşitli uzlaşma protokolleridir. Güvenilir bir merkezi yapının olmadığı dağıtık ağ yapılarında

¹⁰⁹ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 76-77.

¹¹⁰ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 77.

¹¹¹ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 74.

1. Emeğin İspatı Protokolü (Proof of Work-PoW)

Emeğin İspatı; blokzincir ve ilk uygulaması olan Bitcoin'den önce kullanılmaktaydı. Bu kavram ilk olarak Cynthia Dwork ve Moni Naor tarafından spam e-postalar ile mücadele kullanılmıştır.¹¹² Adam Back'in HashCash'i blokzincir öncesi ilk emeğin ispatı örneklerindendir.¹¹³ Satoshi Nakamoto, Bitcoin'de çift harcama problemine ve kötü niyetli düğümler tarafından oluşturulabilecek %51 saldırılarına çözüm olarak emeğin ispatı protokolünü sisteme tanımlamıştır.¹¹⁴ Bu yöntemde madencilerden hesaplamaya dayalı bazı işlemlerin yapılması istenmektedir. Yapılan işlemlerin zorluk derecesi ağ protokolünde belirlenmiş blok yayınlama süresine göre belirli aralıklarla güncellenmektedir. Ayrıca zorluk derecesinin artırılmasıyla kötü niyetli düğümlerin bir araya gelerek ağın %51'ini ele geçirmesi engellenmektedir. Örneğin Bitcoin blokzincirinde yaklaşık 10 dakikada bir blok yayınlanmaktadır. İki haftada bir yeni yapılacak işlemlerin zorlukları 10 dakikada bir blok yayınlanacak şekilde otomatik olarak ayarlanmaktadır.¹¹⁵ İşlemin zorluğu oranında işlemci gücü harcanmaktadır. Hesaplaması tamamlanan işlemlerin diğer düğümler tarafından doğrulanması ise oldukça kolaydır. Doğrulama işlemi için madenci tarafından hesaplanan verinin özet değerinin alınması ve madencinin ulaştığı özet sonuç ile aynı olup olmadığı kontrol edilmesi gerekmektedir.¹¹⁶

Madencilik kavramı Emeğin İspatı Protokolüne ve türevlerine has bir kavramdır. Madencilik işlemi sonucunda elde edilecek özet değeri zorluk derecesine göre belirlenen şartları sağlaması gerekmektedir. Blok içinde sabit ve değişken iki veri yapısı bulunmaktadır. Sabit veriler para transferi, alım-satım gibi bloğun oluşturulmasında asıl olan verilerdir. Değişken veri ise madencilik sonucu hedeflenen özet değere ulaşmak için değişiklik yapılacak veridir. Bu değişken veriye

¹¹² Süleyman Kardaş, "Blokzincir Teknolojisi: Uzlaşma Protokolleri", *DÜMF Mühendislik Dergisi* 10/2 (20 Haziran 2019), 485.

¹¹³ Binance Academy, "Proof of Work (PoW) Nedir?" (Erişim 30 Mayıs 2021).

¹¹⁴ Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", 3. Fiziksek varlıklardan farklı olarak dijital varlıklar verilerden oluşmaktadır. Bu veriler sınırsız bir şekilde kopyalanıp çoğaltılabilmektedir. Bir dosya defalarca kez kopyalanabilir, bir e-posta birden fazla kişiye birden fazla kez gönderilebilir ve kahve almak için kullanılan bir kripto para bir çikolata almak için de kullanılabilir. Fiziksel paralarda ise bu durum pek mümkün değildir.

¹¹⁵ Kardaş, "Blokzincir Teknolojisi", 486.

¹¹⁶ Kardaş, "Blokzincir Teknolojisi", 486-487; "Proof of Work (PoW) Nedir?"

“nonce” adı verilmektedir.¹¹⁷ Ulaşılabacak özet değerinin önceden tahmin edilmesi mümkün değildir. Dolayısıyla bu özet değere deneme yanılma ile ulaşılması gerekmektedir. Her denemede sabit veri değiştirilmeden nonce verisi üzerinde küçük değişiklikler yapılmaktadır ve yapılan her ufak değişim sonucu elde edilen nihai özet değeri baştan sona değişmektedir. Bu denemeler gelişmiş ve zorluk derecesi yüksek blokzincirlerde milyonları ve hatta milyarları bulmaktadır. Bu deneme yanılma sürecinde ise yüksek oranda işlemci gücü harcanmaktadır. Konuya açıklık getirmek için verilen bir örnek üzerinden gidelim.¹¹⁸ Bu örnekte, oluşturulacak bir blok için şart koşulan zorluk derecesi “yedi tane sıfır ile başlayan” bir özet olmasıdır. Bloкта yer alan veride ‘*blokzincir*’ yazısı olarak belirtilmiştir. Bu yazı ile nonce değeri özetlendiğinde şu sonuç çıkmaktadır:

- ‘*blokzincir0*’ veri kümesi
0x11dda4b2f8409049aedb06247f0423f45194bdad1c23308b69565e49a671ebab özetini vermektedir.
- ‘*blokzincir1*’ veri kümesi
0xb2efee8229b6fabd4dad44351ec327c6a3295b19e47e1a239ec381919fcf90ea özetini vermektedir.
- ‘*blokzincir33758449*’ veri kümesi ise 7 sıfırla başlayan
0x000000067d668d96d3415bcd2909fed7242cf75438596b38f675e8a926a5e30c özetini vermektedir.

Bu işlem 33.758.449 tane nonce değerin denemesi çözülmüştür. Bu özet değere I7 işlemcili Windows 10’da Java kütüphanesi kullanılarak 25 saniyede ulaşılmıştır. Aynı veri, başında 8 sıfır olacak şekilde özet değere ulaşmak üzere zorlaştırıldığında nihai özet değere 1 saat 53 dakika 13 saniyede 9.264.471.446 farklı nonce tahmini neticesinde ulaşılmıştır.¹¹⁹ Örnekten anlaşıldığı üzere kısaca madencilik, blokzincir üzerinde yapılan işlem verilerinin bir kısmını bir blokta bir

¹¹⁷ “Proof of Work (PoW) Nedir?”; Kardaş, “Blokzincir Teknolojisi”, 487.

¹¹⁸ Kardaş, “Blokzincir Teknolojisi”, 487.

¹¹⁹ Kardaş, “Blokzincir Teknolojisi”, 487.

araya getirdikten sonra belirli bir özet değeri bulana kadar veri kümesine nonce ekleyerek özetlemekten oluşmaktadır.¹²⁰

Emeğin İspatı Protokolü oyun teorisi ve Bizans hata toleransı temelleri üzerine kurulmuştur. Güvenin çok az veya hiç olmadığı dağıtık sistemlerde düğümlerin kendi menfaatini düşündüğü ön kabulüne dayanmaktadır. Bu durumda düğümlerin bir araya gelerek kötü niyetli davranmalarını engellemek için kendilerinden caydırıcı nitelikte işlemler yapılması istenmektedir. Kötü niyetli bir madenci sahte işlemlerle dolu bir blok için enerji harcarsa bu blok diğer düğümler tarafından doğrulanmayacak ve zarara girecektir. Kötü niyetli bir grup tarafından madenciliği yapılan bloğun doğrulanmaması ve madencilik üzerine kendilerinin çalışmaya devam etmesi ise yapılan işlem akışını yavaşlatacak, güveni sarsacak ve platformun değer kaybetmesine sebep olacaktır. Ayrıca madencilik yapan düğümlere işlem yaptığı platformun kripto para cinsinden ödül ve yapılan işlemlerden komisyon verilmektedir.¹²¹ Kısacası bu protokol kötü davranmayı masraflı, dürüst davranmayı ise karlı bir hale getirmektedir.¹²² Ancak düğüm sayısı az ve blok sayısı düşük olan ağlarda bahsi geçen riskler daha yüksektir.

Emeğin İspatı Protokolünde dikkat çeken en önemli problemler doğal enerji kaynaklarının israf edilmesi ve ölçeklenebilirlik olmamasıdır.¹²³ Yüksek enerji tüketimi sebebiyle enerji elektriğin ve madencilik donanımının ucuz olduğu bölgelerde madencilik faaliyetinin yoğunlaşması merkeziyetsizlik anlayışına zarar vermekte ve saldırı riskini arttırmakta olduğu iddia edilmektedir.¹²⁴ Ayrıca kripto para arzı sınırlı ağlarda madencilere verilen ödüller zamanla düşürülmekte ve bu durumun madenci sayılarını azaltacağı ifade edilmektedir.¹²⁵

Emeğin İspatı Protokolü veya türevleri birçok farklı platformda kullanılmaktadır.¹²⁶ Ethereum platformu da şimdilik Emeğin İspatı Protokolünü

¹²⁰ "Proof of Work (PoW) Nedir?"

¹²¹ Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", 4.

¹²² "Proof of Work (PoW) Nedir?"

¹²³ Ataşen, *Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmeler: Güvenilir Bir Dijital Sertifikasyon Uygulaması Geliştirilmesi*, 9; Kardaş, "Blokzincir Teknolojisi", 488.

¹²⁴ Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 123.

¹²⁵ Kardaş, "Blokzincir Teknolojisi", 488.

¹²⁶ Dedeoğlu, *A'dan Z'ye Blockchain*, 93.

kullanmaktadır. Ancak Ethereum v.2 revizesi ile Proof of Stake kullanmaya başlayacaktır. Bu revize 3 aşamadan oluşmakta ve tahmini olarak 2022-2023 yılına kadar devam edecektir.¹²⁷

2. Hisse İspatı Protokolü (Proof of Stake-PoS)

Hisse İspatı Protokolünde, 2011 yılında Bitcointalk forumunda Emeğin İspatı Protokolünün sorunlarını çözmek için gündeme getirilmiştir. Hisse İspatı Protokolünde madencilik yapılmamaktadır. Madenciler yerine para basıcılar (forger) bulunmaktadır. Bu protokolü kullanan platformlarda coinler platformun kuruluş aşamasında halka arz edilir ve platformun kuruluşundan sonra coin üretimi yapılmaz. Emeğin İspatı Protokolünde sistemin işleyişini devam ettirmek adına madencilere verilen coinler yerine Hissenin İspatında işlem ücretlerinden alınan komisyonlar dağıtılır.¹²⁸

Hissenin İspatı Protokolünde, bloğu oluşturacak düğümü belirlemek için düğümün sahip olduğu hisse miktarı (kripto birimi, coin) hisse yaşı ve rastlantısallık faktörleri dikkate alınmaktadır. Blok oluşturma sürecine katılmak isteyen kullanıcılar cüzdanlarındaki coinleri ağ içerisinde kilitlerler. Kilitlenen coin miktarı oranınca blok oluşturacak düğüm olarak seçilme şansları da artmaktadır. Bu yöntem ağdaki varlıklı düğümler lehinde haksız rekabete sebep olabilir. Bundan dolayı seçim sürecine farklı yöntemler eklenebilmektedir. “Rastgele Blok Seçimi” ve “Coin Yaşı Seçimi” en sık kullanılan yöntemlerdir. Rastgele Blok Seçiminde en düşük hash değeri ve en yüksek hisse değerinin birleşimine sahip düğümlerden seçilir. Coin Yaşı Seçiminde ise kilitlenip hisse olarak tutulan coin sayısı ile kilit altında tutulduğu gün sayısı çarpılarak coin yaşı hesaplanır. Çıkan sonuca göre bloğu oluşturacak düğüm belirlenir. Blok oluşturduktan sonra ilgili düğümün coin yaşı sıfırlanır. Böylelikle her ne kadar elinde yüksek miktarda coin olsa da blok oluşturmak için belli bir süre beklemesi gerekecektir. Eğer blok oluşturan düğümün kötü niyetli işlem yarattığını veya kötü niyetli işlemleri blok içine alıp onayladığı zincire eklenmeden önce diğer doğrulayıcı düğümler tarafından fark edilirse blok oluşturanın en başta kilit altına

¹²⁷ Ethereum, “The Beacon Chain” (Erişim 30 Mayıs 2021); Kula, *Blokzinciri Tabanlı Ödeme ve Müşteri Sadakat Sistemi Geliştirilerek Enerji Sektörüne Uygulanması*, 57-63.

¹²⁸ Binance Academy, “Proof of Stake (PoS)” (Erişim 02 Haziran 2021); Atabaş, *Blokzinciri Teknolojisi ve Kripto Paraların Hayatımızdaki Yeni Yeri*, 41; Dedeoğlu, *A’dan Z’ye Blockchain*, 97.

aldığı coinlerinin bir kısmı ceza olarak kesilir ve bir daha blok oluşturma hakkından men edilir. Dolayısıyla kendisinden kesilecek coin miktarı verilecek ödülde daha fazla olacağı için sistemin güvenliği sağlanmış olacaktır. Bir güvenlik riski de %51 saldırısıdır. Kötü niyetli bir işlemin zincire eklenebilmesi için ağda mevcut olan coinlerin %51'ini ele geçirilmesi gerekmektedir. Hissenin İspatı Protokolünün en temel avantajı enerji verimliliğidir. Ayrıca yapılacak işlemler madencilikte olduğu gibi uzmanlık gerektirmediği ve düşük maliyetli olduğu için çok sayıda düğüm blok oluşturma potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte madencilik havuzlarına gerek kalmadığından ve blok oluşturma işlemi uzmanlık gerektirmediğinden ağ daha dağınık bir hal almaktadır.¹²⁹

3. Delege Edilmiş Hisse İspatı (Delegated Proof of Stake-DPoS)

Delege Edilmiş Hisse İspatı Protokolü 2014 yılında Daniel Larimer tarafından geliştirilmiştir. Bu protokolün kullanıldığı ağlarda düğümler, sistemi korumaları için blok oluşturma ve doğrulama işlemlerini yapacak düğümleri oylayarak seçmektedir. Seçilen düğümlere “delege” veya “şahitler” denmektedir. Düğümlerin oylama hakkı da cüzdanlarındaki coin miktarı ile doğru orantılıdır. Bu protokolde delegelerin itibarları ön plana çıkmaktadır. Eğer seçilen bir düğüm kötü niyetli davranır veya etkin bir şekilde çalışmazsa kısa sürede yerine başkası getirilir. Mutabakatı sağlayan ve doğrulayanlar azınlık bir grup olduğu için bu algoritma PoW ve PoS’a göre daha hızlıdır. Bitshares, Steem, Ark ve Lisk Delege Edilmiş Hisse İspatını kullanan blokzincir platformlarındandır.¹³⁰

Bitcoin blokzincir teknolojisinin pratikte ilk uygulaması olduğu için mutabakat protokollerinden ilki de Emeğin İspatı Protokolüdür. Zamanla yeni blokzincir platformları kurulmasıyla farklı ilkeleri benimseyen birçok protokol ortaya çıkmıştır. Bu protokollerden bir kısmı PoW ve PoS üzerinde ek protokol görevi görürken bir kısmı da müstakil protokoller olarak karşımıza çıkmaktadır.

¹²⁹ “Proof of Stake (PoS)”; Dedeoğlu, *A’dan Z’ye Blockchain*, 98; Atabaş, *Blokzinciri Teknolojisi ve Kripto Paraların Hayatımızdaki Yeni Yeri*, 41; Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 78; Sert, *Sorularla Blockchain*, 82; Kardaş, “Blokzincir Teknolojisi”, 488-489; Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 124; Tanrıverdi vd., “Blokzinciri Teknolojisi Nedir?”, 209.

¹³⁰ Kardaş, “Blokzincir Teknolojisi”, 489-490; Ataşen, *Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmeler: Güvenilir Bir Dijital Sertifikasyon Uygulaması Geliştirilmesi*, 11; Binance Academy, “Delegated Proof of Stake” (Erişim 02 Haziran 2021).

Halihazırda büyük platformlarda PoW-PoS ve türevleri kullanılmaktadır. Diğer mutabakat protokollerinin isimlerini vermekle yetineceğiz. Delayed Proof of Work, Leased Proof of Stake, Proof of Elapsed Time, Practical Byzantine Fault Tolerance, Simplified Byzantine Fault Tolerance, Directed Acyclic Graphs, Proof of Activity, Proof of Importance, Proof of Capaticiy, Proof of Burn ve Proof of Weight.¹³¹



¹³¹ Sert, *Sorularla Blockchain*, 83; Kardaş, “Blokzincir Teknolojisi”, 493; Ataşen, *Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmeler: Güvenilir Bir Dijital Sertifikasyon Uygulaması Geliştirilmesi*, 17.

İKİNCİ BÖLÜM

ETHEREUM VE AKILLI SÖZLEŞMELER

I. Ethereum

Ethereum fikri, 2013 yılının sonunda doğru Rus asıllı Vitalik Buterin isimli bir üniversite öğrencisi tarafından “Ethereum: Nihai Akıllı Sözleşme ve Merkeziyetsiz Uygulama Platformu” başlıklı blok yazısıyla ortaya atıldı.¹³² Buterin, Bitcoin geliştiricileri arasında yer almaktaydı ancak farklı bir fikir ile Bitcoin ekosisteminden ayrıldı.¹³³ 2014 yılında İsviçre merkezli bir şirketin desteğiyle geliştirildi ve 2017’de kâr amacı gütmeyen Enterprise Ethereum Alliance (EEA) kuruldu. Bu kuruluşun üyeleri arasında Microsoft, J.P Morgan, Deloitte, Kanada Ulusal Bankası gibi birçok büyük kurum yer almaktadır. Girişimcileri, akademisyenleri, teknoloji geliştirenleri Ethereum uzmanlarıyla buluşturmayı hedeflemektedir.¹³⁴ Ayrıca kurumların blokzincir teknolojisinin kullanımına yönelik “kurumsal odaklı Ethereum” çalışmaları mevcuttur.¹³⁵ Kurumsal yapılara uygun olarak hazırlanmış özel blokzincirler de oluşturulabilmektedir.¹³⁶ Bu kuruluşun farklı ülkelerde temsilciliği olmakla birlikte merkez ofisi ABD’de yer almaktadır.

Bitcoin birinci nesil blokzincir (Blockchain 1.0) olarak nitelendirilirken Ethereum ikinci nesil blokzincir (Blockchain 2.0) olarak nitelendirilmektedir.¹³⁷ Bitcoin platformu belirli bir işlevi yerine getirmek için tasarlanmıştır. O işlev de kripto birim transferidir. Bitcoin platformunun daha işlevsel hale getirilmesinin yüksek maliyetler gerektiği ifade edilmektedir.¹³⁸ Ethereum platformu ise kendi üzerinde merkeziyetsiz uygulamalar oluşturma ve akıllı sözleşmeler yazma imkânı sunmaktadır. Bu imkânı da temelinde yer alan Turing-Complete makinesi mantığıyla

¹³² Internet Archive Wayback Machine, “Ethereum: The Ultimate Smart Contract and Decentralized Application Platform”, ts.

¹³³ Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 103.

¹³⁴ Medium, “Ethereum Kurumsal İttifakı (Ethereum Enterprise Alliance) Nedir?”, Blog (Erişim 20 Temmuz 2021).

¹³⁵ Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 69.

¹³⁶ Atahan, *Blockchain Teknolojisi ve Finansal Proje Örneklerinin Karşılaştırılması*, 22; Herkes İçin *Blokzincir-Faz 2*, 14.

¹³⁷ Özcan, *Blokzincir Mimarisi ve Merkezi Olmayan Uygulamalar*, 37; Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 68.

¹³⁸ Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 68.

sağlamaktadır. Böylelikle bir kayıt defteri işlevinden fazlasını sunmaktadır. Bu altyapısıyla bir “dünya bilgisayarı” olmayı amaçladığı ifade edilmektedir.¹³⁹ Ayrıca Bitcoin’de blok ekleme süresi yaklaşık 10 dakikadır ve bu süre blokzincir teknolojilerinin yaygınlaşması önünde engel teşkil etmektedir. Ethereum platformunda blok eklenmesi ise 13-19 saniye arası sürmektedir ki bu süreyi bile kısaltmayı hedefleyen yeni blokzincir platformları ortaya çıkmıştır. Ethereum akıllı sözleşme çalıştırabilen tek platform değildir. Ripple, Nxt, Neo, Waves gibi platformlar üzerinde de akıllı sözleşmeler çalıştırılabilmektedir.¹⁴⁰ Ancak Ethereum ikinci nesil blokzincirinin ilk ve en büyük örneği olduğu için akıllı sözleşmeleri Ethereum platformu üzerinden ele alacağız.

Turing Complete, “gerekli talimatlarla birlikte yeterli zaman ve bellek verildiğinde, ne kadar karmaşık olursa olsun herhangi bir hesaplama problemini çözebilen bir makine” olarak tanımlanmaktadır. Günümüz yazılım dilleri arasında yer alan C++, JavaScript ve Python Turing Complete makinesine uygundur.¹⁴¹ Ethereum Sanal Makinesinin (EVM) Turing-Complete olması, bu makinenin sonsuz döngüler de dahil olmak üzere herhangi bir hesaplamayı kodlayabileceği anlamına gelmektedir.¹⁴²

Ethereum, Vitalik Buterin’in ifadesine göre, ortalama bir yazılımcının kullanabileceği basitlikte; içerdiği Turing-complete dili ile isteyen herkesin kendi finansal uygulamasını veya token’ını üretebilecek evrensellikte; gerektiğinde güvenliği ve ölçeklenebilirliği arttırmak adına protokolde değişiklikler yapmaya izin verecek esneklikte olmalıdır.¹⁴³

A. Ethereum Sanal Makinesi

Ethereum Sanal Makinesi (EVM), Ethereum’un temel unsurlarından biridir. Zira, Ethereum blokzinciri üzerinde yapılan her bir işlem (transaction) ağdaki düğümler tarafından çalıştırılan Ethereum Sanal Makinesi tarafından okunmakta ve

¹³⁹ Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 62.

¹⁴⁰ Ataşen, *Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmeler: Güvenilir Bir Dijital Sertifikasyon Uygulaması Geliştirilmesi*, 55.

¹⁴¹ Binance Academy, “Turing Complete” (Erişim 21 Temmuz 2021).

¹⁴² Ethereum White Paper, “Ethereum Accounts” (Erişim 21 Temmuz 2021).

¹⁴³ Ethereum White Paper, “Philosophy” (Erişim 21 Temmuz 2021).

çalıştırılmaktadır. Ethereum protokolünün, bu makinenin kesintisiz ve değişmez bir şekilde çalışmasını sağladığı belirtilmektedir. Ethereum'un merkeziyetsiz yapısına dağıtık defter değil de dağıtık durum makinesi denmesinin yerinde olacağı ifade edilmektedir. Nitekim, Ethereum sadece hesapları ve bakiyeleri değil, aynı zamanda önceden kodlanmış birtakım kurallara göre değişiklik yapan bir makine yapısına sahiptir.¹⁴⁴ Bu sanal makinenin Solidity, C++, JavaScript, Python, Git ve Haskell dillerini derleyebileceği dile getirilmektedir.¹⁴⁵

Kurulmak istenen bir akıllı sözleşme önce bu dillerle, özellikle Solidity diliyle, farklı bir ara yüz kullanılarak yazıldıktan sonra EVM'ye yüklenmekte ve Ethereum platformunda çalışabilecek şekilde ve diğer düğümlere dağıtılmak üzere bayt koduna çevrilmektedir. Buradaki akıllı sözleşmeden kasıt sadece iki taraf arasında yapılan bir hukuki işlem değildir. Örneğin bir Barcelona takımının Token'ı için oluşturulan yan ağ ve "The DAO" gibi merkeziyetsiz uygulamalar Ethereum Sanal Makinesi üzerinde çalışmaktadır.

Ethereum platformunda oluşturulan işlemler için EVM'nin aşağıdaki adımları yerine getirdiği belirtilmektedir:¹⁴⁶

1. İşlemin doğru formatta olup olmadığı kontrol edilir. İşlemin doğru değere sahip olmasında ve imzanın geçerliliğinde problem olursa veya işlemdeki nonce değeri ile hesaptaki nonce değeri arasında uyumsuzluk hata oluşur ve işlem iptal olur.
2. İşlemin içeriğine göre işlem ücreti hesaplanır ve bu ücret kullanıcının hesap bakiyesinden düşürülür. Ücreti karşılayacak yeterli Ether yoksa hata oluşur.
3. Gas ödemesi başlatılır. İşlenen bayt başına belirli miktarda gas ücreti oluşur.
4. Gönderilen tutar alıcı hesaba aktarılır. Alıcı adres bir sözleşme adresiyse sözleşmenin kodu çalıştırılır ve kod yazılırken kodun

¹⁴⁴ Ethereum, "ETHEREUM VIRTUAL MACHINE (EVM)" (Erişim 22 Temmuz 2021).

¹⁴⁵ "ETHEREUM VIRTUAL MACHINE (EVM)"; Özcan, *Blokzincir Mimarisi ve Merkezi Olmayan Uygulamalar*, 38; Dedeoğlu, *A'dan Z'ye Blockchain*, 61.

¹⁴⁶ Chris Dannen, *Introducing Ethereum and Solidity: Foundations of Cryptocurrency and Blockchain Programming for Beginners* (Berkeley, CA: Apress, 2017), 57-58; Efendioğlu, *Cari Mutabakat ve Ödeme İşlemleri İçin Ethereum Tabanlı Blokzincir Telnolojisinin Kullanımın Önerilmesi*, 21.

yürütülmesinin bitişine yönelik tarih, limit ve benzeri bir veri girildiyse bu veri doğrultusunda kodun yürütülmesi bitene kadar veya cüzdanda gas ücretini karşılayacak Ether kalmayana kadar işlem devam eder.

5. Gönderen hesapta işlemi tamamlamak için yeterli Ether yoksa veya gas biterse, bu işlemdeki tüm değişiklikler geri alınır. Ancak madenciye gidecek olan ücret geri alınmaz. Zira işlem, eksiklik sebebiyle iptal olsa da madenci emek harcamıştır.
6. İşlem başka bir nedenle hata verirse, tutar gönderen kişiye geri aktarılır ancak gas ücreti geri alınmayıp madenciye iletilir.

B. Ethereum Hesapları

Ethereum platformunda iki çeşit hesap bulunmaktadır: Harici olarak sahip olunan hesaplar (externally owned account) ve akıllı sözleşme hesapları (smart contract account). Her iki hesap 20 byte veri saklayacak şekilde oluşturulurlar. 256 bit uzunluğundaki sözcükleri depolayacak değer deposu vardır ve Ethereum Sanal Makinesi'ni çalıştırır.¹⁴⁷

Harici hesaplar açık ve özel anahtarın birleşiminde oluşur ve özel anahtarlar ile yönetilir. Bu hesaplar gerçek kişilerin kullandığı hesaplardır ve Ethereum platformu ilk defa kullanılmak istendiğinde oluşturulurlar. Ayrıca hesap oluşturma ücreti yoktur. Harici hesaplar, akıllı sözleşme hesapları gibi kod içermezler. Bu hesaplar ile Ether tutabilir, Ether alım satım işlemleri ya da gönderimi yapılabilir ve akıllı sözleşmelere talimat gönderilebilir. Bitcoin'de olduğu gibi genel kullanıma yönelik normal hesaplardır.¹⁴⁸

Sözleşme hesaplarının özel anahtarı yoktur ve sözleşme kodları tarafından kontrol edilmektedir. Sözleşme hesapları, Ethereum Sanal Makinesi'ne bir sözleşme işlemi yüklenip ağa dağıtıldıktan sonra oluşturulurlar ve bu hesapların oluşturulması

¹⁴⁷ Solidity, "Introduction to Smart Contracts" (Erişim 24 Temmuz 2021); "Ethereum Accounts"; Özcan, *Blokzincir Mimarisi ve Merkezi Olmayan Uygulamalar*, 38.

¹⁴⁸ "Introduction to Smart Contracts"; "Ethereum Accounts"; Ethereum Developers, "Ethereum Accounts", ts.; Özcan, *Blokzincir Mimarisi ve Merkezi Olmayan Uygulamalar*, 38; Ataşen, *Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmeler: Güvenilir Bir Dijital Sertifikasyon Uygulaması Geliştirilmesi*, 28; Nasuhoğlu, *Blockchain Teknolojisiyle Açık Anahtar Altyapısı Tabanlı Elektronik Sertifika Durum Bilgilerinin Yönetilmesi*, 29.

ücretlidir. Sözleşme hesapları bir harici hesap tarafından tetiklenebileceği gibi başka bir sözleşme hesabı tarafından da tetiklenebilirler veya başka bir sözleşme hesabını tetikleyebilirler. Ethereum'daki sözleşmeler sadece yerine getirilmesi veya uyulması gereken kurallara değildir. Bir mesaj veya işlem tarafından tetiklendiğinde belirli bir kodu yürüten ve kendi ether bakiyeleri üzerinde kontrol yetkisine sahip otonom veya otomatikleştirilmiş kısmi bağımsız hesaplardır.¹⁴⁹

C. Ethereum Blok

Ethereum platformu izin gerektirmeyen açık blokzincir türüdür ve işlemler bloklar içinde tutulmaktadır. Ethereum blok yapısı Bitcoin platformu ile ortak özelliklere sahip olmakla birlikte Ethereum blok yapısında üç farklı Merkle Tree yapısı bulunmakta ve blok boyutu Bitcoin'deki gibi sabit değildir. Ethereum bloğu aşağıdaki içeriklerden oluşmaktadır.¹⁵⁰

- **Önceki Bloğun Özet Değeri:** Bir önceki bloğun 256 bitlik Keccak hash algoritmasıyla özetlenmiş halidir. Bu içerik sayesinde bloklar birbirine zincir halkası gibi bağlanırlar.
- **Blok Özet Değeri:** Madencilerin, mutabakat algoritmasını çalıştırmalarıyla ortaya çıkardıkları özet değerdir.
- **Madenci Adresi:** Bloğu oluşturan madencinin hesabıdır. Blok oluşturma ödülü ve ariyeten blokta yer alan işlemlerden alınan komisyon bu hesaba aktarılır.
- **Blok Ödülü:** Madencilere aktarılan toplam Ether miktarıdır. Mevcut durumda 2 Ether platformun madenciye verdiği ödüldür. Bununla birlikte bloktaki her işlemde komisyon almaktadırlar.
- **Zorluk:** Bloğun oluşturulma süresini değiştirmek için koşulan şarttır. CPU kullanan blokzincirlerde madenci sayısına göre, GPU kullananlarda

¹⁴⁹ "Introduction to Smart Contracts"; "Ethereum Accounts"; "Ethereum Accounts", ts.; Özcan, *Blokzincir Mimarisi ve Merkezi Olmayan Uygulamalar*, 38; Ataşen, *Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmeler: Güvenilir Bir Dijital Sertifikasyon Uygulaması Geliştirilmesi*, 28-29; Nasuhoğlu, *Blockchain Teknolojisiyle Açık Anahtar Altyapısı Tabanlı Elektronik Sertifika Durum Bilgilerinin Yönetilmesi*, 29.

¹⁵⁰ Dannen, *Introducing Ethereum and Solidity*, 85-86; Efendioğlu, *Cari Mutabakat ve Ödeme İşlemleri İçin Ethereum Tabanlı Blokzincir Telnolojisinin Kullanımın Önerilmesi*, 22-23; Ataşen, *Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmeler: Güvenilir Bir Dijital Sertifikasyon Uygulaması Geliştirilmesi*, 40-41.

da ağdaki madencilerin oluşturduğu hesaplama gücüne göre değişkenlik gösterir. Nonce değeri ile bağlantılıdır.

- **Nonce Değeri:** Kurala uygun hash değeri bulunana kadar nonce alanındaki sayıların deneme-yanılma yaparak değiştirilmesini ifade etmektedir. Blok üretimi için yeterli miktarda emek harcandığını kanıtlamaya yarayan içeriktir.
- **Zaman Damgası:** Bloğun oluşturulma zamanıdır.
- **Gas Limiti:** Blok içinde kullanılabilecek azami gas miktarıdır. Blok içinde yer alacak işlemlerin sayısı gas limitine ve işlemlerin kullandıkları gas miktarına göre değişmektedir.
- **Gas Kullanımı:** Bloktaki işlemler sonucunda kullanılan toplam gas miktarıdır.
- **Gas Ücreti:** Madencinin bloktaki gas miktarı sonucunda aldığı ödülün Ether cinsinden hesaplandığı içeriktir.
- **Ekstra Veri:** En fazla 32 byte büyüklüğünde olan ve blokla ilişkili ekstra verileri tutulduğu içeriktir.
- **Numara:** Blokzincire eklenecek bloğun kaçınıcı sırada olduğunu gösteren içeriktir.
- **İşlem (Transaction) Ağacı Kök Değeri:** Blok içerisinde yer alan her bir işlemin özet değerinin Keccak-256 algoritmasına göre ağaç yapısı şeklinde özetlenmiş halidir. Belirli bir x işleminin bloğa dahil edilip edilmediğinin tespiti örnek olarak verilmektedir.
- **Durum (State) Ağacı Kök Değeri:** Hesap adresleri ve akıllı sözleşme verilerinin tutulduğu içeriktir. Bu ağaç yapısı içerisinde nonce, balance, storageroot ve codehash bilgileri yer alır. Bu içerikte Bitcoin merkle tree yapısında farklı olarak Merkle-Patricia ağaç yapısı kullanılmaktadır. Bu yapı ile bloktaki akıllı sözleşmelerin tüm verilerine ulaşılabilir. Bu farklı yapının eklemeler, aramalar ve silmeler için daha verimli olduğu belirtilmektedir. Sözleşme hesabı y'nin cari bakiyesinin tespiti örnek olarak verilmektedir.
- **Makbuz (Receipts) Ağacı Kök Değeri:** Her işlem için oluşturulan makbuzlara ait ayrı ayrı özet değerlerinin ağaç yapısında tekrar

özetlenmesi sonucu ulaşılan nihai özet değeridir. 30 gün içinde belirli bir x işlemi ile ilgili gerçekleştirilen oluşumların tespit edilmesi örnek olarak verilmektedir.

Resim 2.1: Ethereum Blokzincirine Eklenen 13.070.337'nci Blok

⑦ Block Height:	13070337
⑦ Timestamp:	⌚ 23 secs ago (Aug-21-2021 06:44:20 PM +UTC)
⑦ Transactions:	234 transactions and 109 contract internal transactions in this block
⑦ Mined by:	0xea674fdde714fd979de3edf0f56aa9716b898ec8 (Ethereum) in 23 secs
⑦ Block Reward:	2.351992953793206106 Ether (2 + 1.379443199970819126 - 1.02745024617761302)
⑦ Uncles Reward:	0
⑦ Difficulty:	8,205,268,682,269,935
⑦ Total Difficulty:	29,310,206,172,954,614,240,421
⑦ Size:	112,169 bytes
⑦ Gas Used:	29,986,460 (99.95%)  +100% Gas Target
⑦ Gas Limit:	30,000,000
⑦ Base Fee Per Gas:	0.000000034263805937 Ether (34.263805937 Gwei)
⑦ Burnt Fees:	🔥 1.02745024617761302 Ether
⑦ Extra Data:	ethermine-europe-west3 (Hex:0x65746865726d696e652d6575726f70652d7765737433)
⑦ Hash:	0x6ed1f88998c15f25454c6f784de52fd0f395c4577d92c66125dd5815faa3e4bf
⑦ Parent Hash:	0x66866f915f3f7cc69007a001d5ea04cb3771eec79abe32d70c6cb9b084b40ee5
⑦ Sha3Uncles:	0x1dcc4de8dec75d7aab85b567b6ccd41ad312451b948a7413f0a142fd40d49347
⑦ StateRoot:	0x0cd81067de362935775121c315f80cd85ba0d1eeefa5659595f2cb52e8f2bb39
⑦ Nonce:	0xa663504e761a6abc

Kaynak: <https://etherscan.io/blocks>

D. Ethereum Madenciliği

Madencilik faaliyeti ağın güvenliği ve sürdürülebilirliği için büyük öneme sahiptir. Ethereum, Bitcoin'de olduğu gibi Emğin İspatı Protokolünü kullanmaktadır. Ancak Bitcoin sadece işlem listesinin bir kopyasını içerirken Ethereum hem işlem listesini hem de en son durumun bir kopyasını içermektedir.¹⁵¹ Ethereum'da, Bitcoin'e kıyasla daha hızlı blok üretilmekte ve bunun sonucunda daha sık çatallaşma gerçekleşmektedir. Ethereum blokzincirine bakıldığında bir saatte 3

¹⁵¹ Vitalik Buterin, "Blockchain and Mining", *Ethereum White Paper* (Erişim 15 Mayıs 2021).

ila 6 arası, bir blokluk, çatallaşma gerçekleşmektedir.¹⁵² Çatallaşma neticesinde iptal olan bloklara “amca blok” denmektedir. Bitcoin’deki karşılığı ise öksüz bloktur. Öksüz blok sebebiyle madencinin kazandığı ödül geri alınır. Ethereum blokzincirinde en uzun zinciri tespit etmek ve çatallaşmayı engellemek için “GHOST Protokolü” çıkarılmıştır. GHOST Protokolünün getirdiği bir farklılık olarak iptal olan amca bloklar neticesinde madenci belli oranda ödüle hak kazanır. Bunun sebebi ise madencileri blok üretmekten soğutmamak olduğu dile getirilmektedir. Ayrıca madencilik faaliyetiyle birlikte piyasaya yeni Etherler arz olmaktadır.¹⁵³

Mevcut durumda Ethereum Emeğin İspatı Protokolünü kullanıyor olsa da uzun zamandan beri Hissenin İspatı Protokolüne geçmeyi hedeflemektedir. Ethereum blokzinciri aşamaları şunlardan oluşmaktadır.¹⁵⁴

- Frontier (2015): Güvenli ve merkezi olmama iddiasıyla çıkmıştır, güven açığı meydana gelmiştir.
- Homestead (2016): Güven açıkları giderilmiştir.
- Metropolis (2017): İşin uzmanı olmayanların kullanabileceği arayüz oluşturulmuştur.
- Serenity (Ethereum 2.0): Ölçeklenebilirlik üzerine odaklanmaktadır.

Ethereum Casper, Ethereum blokzincirinin birinci iyileştirmeler ve geliştirmeler yapıp birinci versiyondan ikinci versiyona geçiş için başlatılan çalışmaları ifade etmektedir. Hissenin İspatı Protokolü’nün temelini Casper FFG versiyonunda belirlenecek kuralların oluşturacağı dile getirilmektedir. Ethereum 1.0’dan 2.0’a geçişe “Serenity” güncellemesi denmektedir. Bu güncellemenin üç fazdan oluşacağı belirtilmektedir. İlk faz “Beacon Chain” (İşaret Zinciri) ismiyle yeni bir blokzincir oluşturmaktır. İkinci faz “Shard Chains” (Parça Zincirleri) olarak isimlendirilmekte ve üçüncü fazda Eth 1.0 zinciri İşaret ve Parça Zinciri ile

¹⁵² “Forked Blocks”.

¹⁵³ Dannen, *Introducing Ethereum and Solidity*, 118-119; Güven, *Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor*, 109; Atahan, *Blockchain Teknolojisi ve Finansal Proje Örneklerinin Karşılaştırılması*, 21-22.

¹⁵⁴ Ethereum, “The history of Ethereum” (Erişim 28 Temmuz 2021); Medium, “Frontier, Homestead, Metropolis, Serenity”, Blog (Erişim 28 Temmuz 2021).

kenetlenenecektir ve böylelikle Emeğin İspatı tamamen Hissenin İspatına evirilmiş olacaktır.¹⁵⁵

İkinci fazda, düğümler ve üzerinde oldukları ağlar alt gruplara bölünecek ve bu gruplar shard'ları (parçaları) oluşturacaktır. Sharding (parçalama), yükü dağıtmak için bir veritabanını yatay olarak bölme işlemidir. Sharding ile 64 parça blokzincir oluşturulması hedeflenmektedir. Bu shard'ların her biri kendi işlemlerini ve kontratlarını yürütecek fakat gerekli olması durumunda daha geniş bir shard ağı ile iletişim kurabilecektir. Tüm shard'lar birbirinden bağımsız doğrulama yaptığı için diğer shard'lardan gelen verileri saklamalarına gerek kalmayacaktır. Bu, birbiriyle bağlantılı birden fazla merkeziyetsiz ağ anlamına gelmektedir. İkinci fazda oluşturulacak alt blokzincir ağlarının kendi arasındaki ve merkezle iletişimi İşaret Zinciri ile sağlanacaktır. Böylelikle her bir ağ güncel verilere sahip olacaktır. Ayrıca bu dağınık zincirlerde forgerların rastgele atamasını da İşaret Zinciri yapacaktır. Bu 64 parçadan birinin ele geçirilme ihtimali trilyonda bir olarak ifade edilmektedir. İşaret Zinciri 1 Aralık 2020'den itibaren blok üretmeye başlamıştır.¹⁵⁶

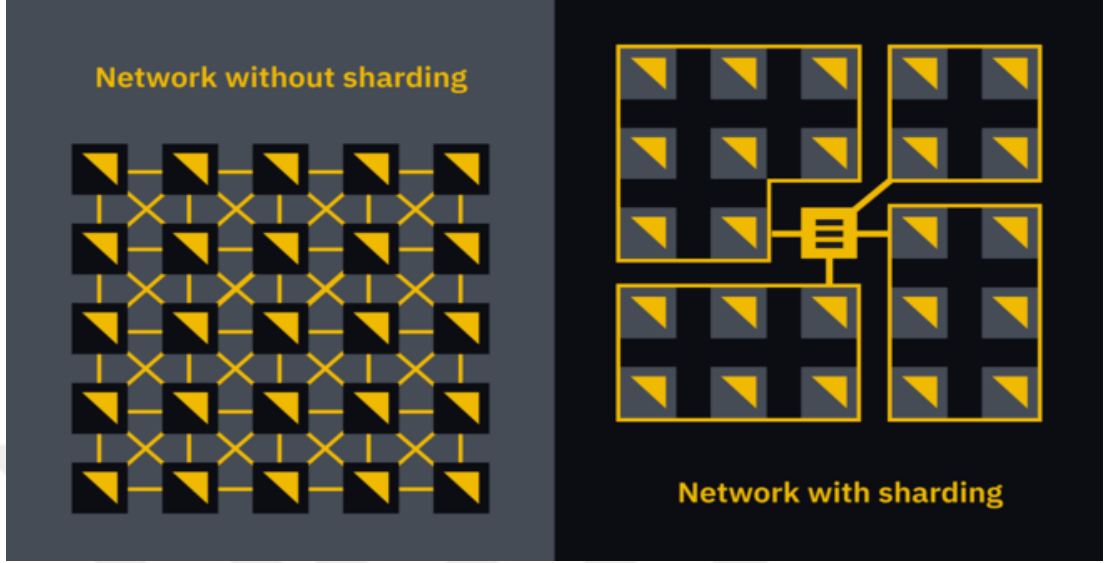
Ethereum'da parçalama, ağ tıkanıklığının azaltılmasını ve parçalar olarak bilinen yeni zincirler oluşturarak saniye başına düşen işlem sayısının artırılması hedeflenmektedir. Parça zincirlerinde, doğrulayıcıların ağı tamamı için değil, yalnızca doğruladıkları parça için veri depolaması ve çalıştırması gerekecektir. Bu güncelleme ile işlemleri hızlandırılması ve donanım ihtiyaçlarının azaltılması, bir diğer ifadeyle kişisel bilgisayar veya telefonda çalıştırma imkânı sağlayarak katılımcı sayısının artırılması ve donanım ihtiyacının azaltılması amaçlanmaktadır.¹⁵⁷ Ayrıca belirtmek gerekir ki, Ethereum 2.0 versiyonu yaşayan bir bedende ameliyat yapmak gibidir. Zira, çok büyük bir piyasa hacmine sahip ve üzerinde birçok merkeziyetsiz uygulamanın kurulduğu bu blokzincir üzerinde çalışan sistemi bozmadan veya hataya sebebiyet vermeden güncelleme gerçekleştirilmektedir.

¹⁵⁵ "The Beacon Chain"; Ethereum, "Merge" (Erişim 28 Temmuz 2021); Ethereum, "Parça Zincirleri (Shard Chains)", ts.; Binance Academy, "Ethereum 2.0 Nedir ve Neden Önemlidir?" (Erişim 28 Temmuz 2021); Binance Academy, "Ethereum Casper Nedir?" (Erişim 28 Temmuz 2021).

¹⁵⁶ "The Beacon Chain"; "Merge"; "Parça Zincirleri (Shard Chains)"; "Ethereum 2.0 Nedir ve Neden Önemlidir?"

¹⁵⁷ Binance Academy, "Ethereum Nedir?" (Erişim 29 Temmuz 2021); "The Beacon Chain"; "Merge"; "Parça Zincirleri (Shard Chains)"; "Ethereum 2.0 Nedir ve Neden Önemlidir?"

Şekil 2.1: Ethereum Blokzincirinin Parçalanmış Hali



Kaynak: <https://academy.binance.com/tr/articles/what-is-ethereum#how-does-ethereum-work>

Ethereum blokzincirinin mevcut durumda Emeğin İspatını kullanması, dünya bilgisayarını olmayı hedeflemesine rağmen 13-19 saniye arasında blok üretilmesi ve işlemlerde ödenen gas ücretlerinin yüksek olması sebebiyle eleştirilmektedir.¹⁵⁸ Blokzincir ağları ilk kurulduğunda güvenlik ve merkeziyetsizlik üzerine yoğunlaşılmaktaydı ancak bu teknolojinin hızla yaygınlaşması sebebiyle bu iki nitelikten imkân dahilinde taviz vermeden sürdürülebilirlik ve ölçeklenebilirlik üzerinde çalışılmaktadır. Blokzincirinin ölçeklendirilmesi, blokzincir teknolojisini daha cazip hale getirerek daha fazla kullanıcıya hizmet verecek şekilde büyüme becerisine sahip olmasıdır. Blokzincir teknolojisindeki dengeyi göstermek için bir üçlem oluşturulmuştur. Bu üçlem ölçeklenebilirlik, güvenlik ve merkeziyetsizliktir.¹⁵⁹

¹⁵⁸ “Ethereum Nedir?”

¹⁵⁹ “Ethereum Nedir?”

Şekil 2.2: Ölçeklenebilirlik, Güvenlik ve Merkeziyetsizlik Üçlemi



Kaynak: <https://academy.binance.com/tr/articles/what-is-ethereum#how-does-ethereum-work>

Güvenlik ve merkeziyetsizliğin öncelenmesi durumunda ölçeklenebilirliğin azalacağı ifade edilmektedir. Zira, güvenlik ve merkeziyetsizlik için birbirinden farklı kullanıcı sayısının fazla olması avantaj sağlamakta ancak üretilecek bloğun doğrulama sürecini uzatabilmektedir. Güvenlik ve ölçeklenebilirlik öncelendiğinde merkeziyetsizliğin zayıflayacağı belirtilmektedir. Güvenliği sağlama adına blok üretme zorluğu yüksek tutulabilir. Böylelikle kötü niyetli kişiler sistemin %51'ini ele geçirecek güce ulaşamazlar. Bloğun alabileceği işlem kapasitesi artırılarak işlemlerin daha hızlı tamamlanması amaçlanabilir ancak bu durumda blok kapasitesi artışı doğrultusunda blok boyutu da artacak ve zamanla yeterli donanıma sahip olmayan kullanıcıların ağda madencilik veya doğrulama yapmasını engelleyecektir. Böylelikle kullanıcı sayısının azalmasıyla merkeziyetsizliğinde azalacağı düşünülmektedir. Merkeziyetsizlik ve ölçeklenebilirlik üzerine yoğunlaşıldığında ise güvenliğin zayıflayacağı dile getirilmektedir. Bu durumda mutabakat algoritmalarından taviz verilebileceği belirtilmektedir. Bu taviz, blok zorluğunu düşürmek olabilir. Bu durumda çok sayıda kullanıcı tarafından merkeziyetsiz bir şekilde hızlı blok üretimi sağlanarak ölçeklenebilirlik artırılabilir ancak blok zorluğunun azalması %51 saldırısı gerçekleşme ihtimalinde olduğu gibi kötü niyetli kullanıcıların yolunu

açmaktadır. Nitekim, düşük güç ve emek ile çalışan bir sistemde belirli bir grubun o gücü ve emeği tek başlarına sağlamaları sebebiyle güvenilirlik ortadan kalkabilir.¹⁶⁰

E. Ethereum Gas

Ethereum üzerinde akıllı sözleşme yazmak, yazılmış akıllı sözleşmeye komut göndermek, Ethereum transferi yapmak gibi Ethereum Sanal Makinesi tarafından yönetilen her işlem için ücret alınmaktadır. Bu ücrete “gas fee” adı verilmektedir. Ethereum Sanal Makinesi’nin esnek bir yapıya sahip olması, bir diğer ifadeyle üzerinde belirli dillerle yazılabilecek herhangi bir keyfi kodu çalıştırma imkanına sahip olması Ethereum platformunu güçlü ve farklı kılsa da bu durum aynı zamanda sistemi durma noktasına getirebilir. Zira, döngülere izin verilen bu sistemde döngüsel olarak yazılan bir kod sonsuza kadar çalışabilir ve sisteme yük olup problemlere sebep olabilir. Bu sebeple işlem yapmak isteyen kullanıcıdan belirli bir ücret istenir. Ayrıca bu ücretler Emeğin İspatı Protokolü’ne göre çalışan madencileri teşvik mahiyetindedir.¹⁶¹

Ethereum Sanal Makinesi’nde çalışacak işlem bazında Ethereum gas fee limitleri belirlidir. Akıllı sözleşmelerde yazılan kodun artmasıyla gas fee limiti de artmaktadır. İşlem başına istenen gas fee limitleri EK-1’de gösterilen tabloda yer almaktadır. Örneğin Ethereum transferi için gas limiti 21.000’dir.

Etherum blokzincirinde her bir bloğun alabileceği belirli bir gas limiti vardır. Bu limit Londra isimli güncelleme öncesinde 12.5 milyon gas’a sabitlenmişti ancak bu güncellemeden sonra değişken boyutlu bloklar getirildi. Bloktaki normal gas limiti 15 milyon gas olarak belirlenmiş ancak ağda yoğunluk olduğu durumlarda 30 milyon gas’a çıkarılmasına imkân tanınmıştır. İşlem havuzunda biriken işlem sayısı artışı doğrultusunda gas price da artmaktadır. Bu gas price otomatik olarak gas istasyonu aracılığıyla hesaplanmaktadır. Bir işlem için kullanıcın ödeyeceği nihai ücret “gas limiti x gas price” formülüyle hesaplanmaktadır. Gas fee hesaplanırken Ether’in en küçük birimi olan “Gwei” kullanılmaktadır. 1 Gwei, 0,000000001 Ether

¹⁶⁰ “Ethereum Nedir?”

¹⁶¹ Ethereum Developers, “What is Gas?” (Erişim 01 Ağustos 2021); Medium Devrim Danyal, “Ethereum İşlem Maliyeti Nedir / Nasıl Hesaplanır ?” (Erişim 01 Ağustos 2021); Dedeoğlu, *A’dan Z’ye Blockchain*, 64-65.

değerindedir. Bu ücret taban ücreti oluşturmaktadır. Kullanıcı, işleminin daha hızlı blokzincire eklenmesi için öncelik ücreti verebilir. Bir de kullanıcının belirleyebileceği maksimum ücret vardır. Belirlenen ücret taban ücreti ve varsa öncelik ücretinden daha fazla olmalıdır. İşlem blokzincire eklendikten sonra belirlenen maksimum ücretten artan Ether kullanıcıya geri gelmektedir.¹⁶²

Örneğin, gas price 50 Gwei olduğunu ve 10 Gwei öncelik ücreti verildiğini kabul edersek 1 Ether transfer etmek isteyen kişinin, Ethereum transfer gas limiti olan 21.000 ile belirtilen Gwei'yi çarpması sonucunda toplam 0,00126 Ether ücret ödemesi gerekecektir. 1 Ether'in 3000 dolar olarak kabul edilmesi durumunda yaklaşık 3,78 dolar ücret ödenecektir. Formül üzerinde gösterecek olursak:

$$21.000 \times (50+10) = 1.260.000$$

$$1.260.000 \times 0,000000001 = 0,00126$$

$$3000 \times 0,00126 = 3,78$$

F. İşlemler ve Mesajlar

İşlem, kısaca özel kriptografik anahtarla imzalanmış talimat olarak tanımlanmaktadır. İşlemler harici hesaplar tarafından başlatılabilirler. Genel olarak işlemlerin üç amaç için kullanıldığı belirtilmektedir: Harici hesaplar arası fon transferi, Ethereum ağı üzerinde sözleşme oluşturma ve dağıtma, oluşturulmuş ve dağıtılmış sözleşmeye komut göndererek sözleşmeyi çalıştırma.¹⁶³ Ethereum işlemleri yapısı aşağıdaki içeriklerden oluşmaktadır:¹⁶⁴

- **İşlemi Gönderen:** İşlemi başlatan hesabı temsil eden kriptografik imzadır.

¹⁶² “What is Gas?”; Devrim Danyal, “Ethereum İşlem Maliyeti Nedir / Nasıl Hesaplanır?”; Dedeoğlu, *A'dan Z'ye Blockchain*, 64-65; Özcan, *Blokzincir Mimarisi ve Merkezi Olmayan Uygulamalar*, 48-49.

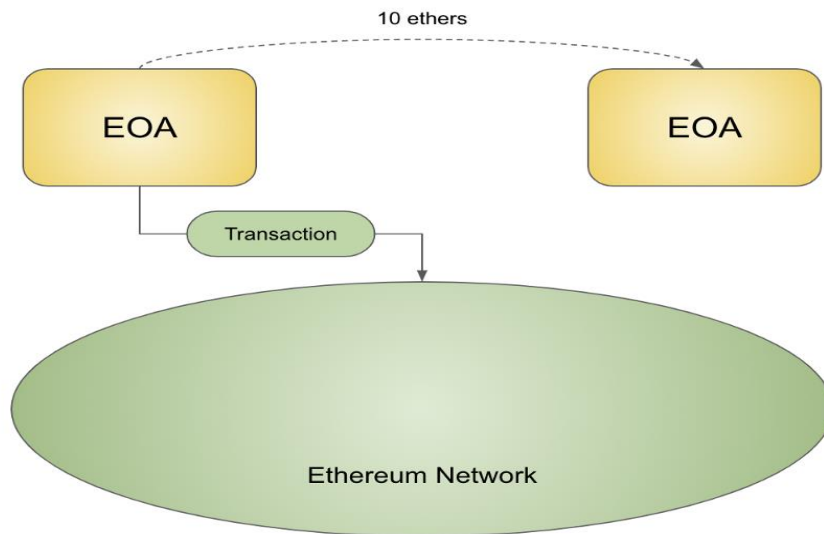
¹⁶³ Coding Bootcamps, “How Ethereum Manages Transactions” (Erişim 02 Ağustos 2021); Medium KC Tam, “Transactions in Ethereum” (Erişim 03 Ağustos 2021).

¹⁶⁴ Efendioğlu, *Cari Mutabakat ve Ödeme İşlemleri İçin Etherum Tabanlı Blokzincir Telnolojisinin Kullanımın Önerilmesi*, 22; Ethereum White Paper, “Messages and Transactions” (Erişim 03 Ağustos 2021); Ethereum Developers, “Transactions” (Erişim 03 Ağustos 2021); Medium, “Ethereum Transaction Structure Explained” (Erişim 03 Ağustos 2021); KC Tam, “Transactions in Ethereum”.

- **İşlemin Alıcısı:** Alıcının adresidir. Bu adres harici hesap adresi veya sözleşme hesabı adresi olabilir. Ayrıca akıllı sözleşmeler dağıtılacaksa belirli hesap adresi girilmesine gerek yoktur.
- **Değer:** Göndericiden alıcıya aktarılacak Ether miktarıdır. Alıcı bir harici hesap ise bu işlem bir fon transferidir. Şayet bir sözleşme adresi ise sözleşmeye aktarılan bir fon miktarıdır. Kitle fonlaması sağlamak üzere kurulmuş bir akıllı sözleşmeye gönderilen Ether alıcısının sözleşme adresi olduğu duruma örnek verilebilir.
- **Veri/Girdi:** Bu içerik esasında sözleşme ile ilgili faaliyetler içindir. Burada sözleşmenin kodları neticesinde oluşan byte kodu yer alır. Fon transferinde boş bırakılır. Sözleşme oluşturulması veya mevcut bir sözleşmeye mesaj gönderilmesi için buraya veri girilir. Mevcut bir sözleşmeye komut gönderimi bir tür mesajdır. Mesajlar sözleşme yazılarak üretilirler ve Call ya da Delegate Call işlevlerini yürütürler.
- **Gas Limiti:** Her bir kod türü için önceden belirlenmiş birimdir.
- **Gas Fiyatı:** Gwei birimini ifade eder. Gönderen kişinin ödemek istediği ücretin hesaplanmasında ağın yoğunluğuna göre değişken yapıyı oluşturur.

Harici hesaplar arası fon transferi aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir.

Şekil 2.3: Harici Hesaplar Arası Fon Transferi



Kaynak: <https://kctheservant.medium.com/transactions-in-ethereum-e85a73068f74>

Harici hesaplar arası yapılan fon transferi işlemlerinin içeriği aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir.

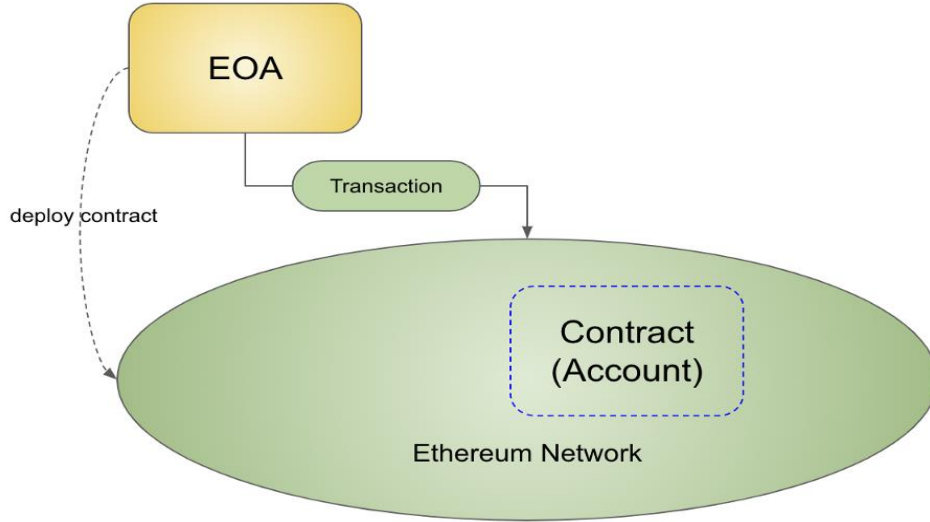
Tablo 2.1: Harici Hesaplar Arası Fon Transferi İşlemlerinin İçeriği

From	Fund sender, an EOA (20-byte address)
To	Fund recipient, another EOA (20-byte address)
Value	Amount, in weis
Data / Input	Empty
Gas Limit	Larger enough for an ether transfer transaction
Gas Price	To be determined by transaction initiator

Kaynak: <https://kctheservant.medium.com/transactions-in-ethereum-e85a73068f74>

Ethereum üzerinde sözleşme oluşturma ve dağıtma amacıyla yapılan işlemler aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir.

Şekil 2.4: Ethereum Üzerinde Sözleşme Oluşturma ve Dağıtma



Kaynak: <https://kctheservant.medium.com/transactions-in-ethereum-e85a73068f74>

Ethereum üzerinde sözleşme oluşturma ve dağıtma amacıyla yapılan işlemlerin içeriği aşağıdaki tabloda gösterildiği gibidir.

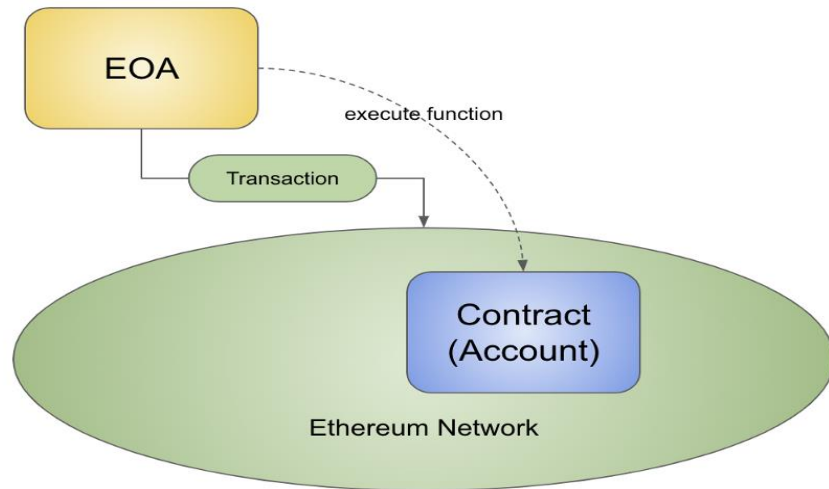
Tablo 2.2: Ethereum Üzerinde Sözleşme Oluşturma ve Dağıtma Amacıyla Yapılan İşlemlerin İçeriği

From	Contract deployer, an EOA (20-byte address)
To	Empty
Value	Amount, in weis (if required by contract constructor)
Data / Input	Bytecode, plus any encoded arguments if required by constructor
Gas Limit	Larger enough for contract deployment
Gas Price	To be determined by transaction initiator

Kaynak: <https://kctheservant.medium.com/transactions-in-ethereum-e85a73068f74>

Oluşturulmuş ve dağıtılmış sözleşmeye komut göndererek sözleşmeyi çalıştırma amacıyla yapılan işlemler aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir.

Şekil 2.5: Oluşturulmuş ve Dağıtılmış Sözleşmeye Komut Göndererek Sözleşmeyi Çalıştırma



Kaynak: <https://kctheservant.medium.com/transactions-in-ethereum-e85a73068f74>

Değinilmesi gereken bir diğer konu da akıllı sözleşmelerin kodları yazılırken belirtilen fonksiyonlardır. İnternal ve external olmak üzere iki tür işlev çağrısı olduğu olduğu belirtilmektedir. Ayrıca çağrının kimden gelebileceği dikkate alınarak public ve private ayrımı yapılmaktadır. İnternal fonksiyon, akıllı sözleşmedeki işlevlere ve durum değişkenlerine yalnızca ilgili akıllı sözleşme veya ondan türetilen diğer sözleşmeler içerisinde çağrıda bulunulabileceğini ifade eder. Başka bir ifadeyle sadece akıllı sözleşmeyi yazan kişi bu sözleşmeyi çalıştırabilir. External fonksiyon, akıllı sözleşmenin harici hesaplar tarafından veya başkalarına ait akıllı sözleşmeler tarafından çağrılabilmesini ifade eder. Private, akıllı sözleşmeyi yazan kullanıcının belirlediği harici hesaplar veya sözleşmeler tarafından çağrı gelebileceğini ifade eder. Public ise akıllı sözleşmenin hesap adresinin herkese dağıtılması ve herkesin akıllı sözleşmeye çağrı gönderebilmesini ifade eder.¹⁶⁶

II. Akıllı Sözleşmeler

Akıllı sözleşme kavramı, Nick Szabo'nun 1994 yılındaki "Smart Contracts" başlıklı çalışmasına dayanmaktadır.¹⁶⁷ Szabo, smart contract düşüncesini 1996 ve 1997 yılında yayınladığı çalışmalarla geliştirmiştir.¹⁶⁸ Nick Szabo akıllı sözleşmeleri *" tarafların bir dizi taahhüdü yerine getirirken takip edecekleri protokolü içeren dijital bir form"*¹⁶⁹ ve *" sözleşme koşullarının ifası veya yürürlüğünün insan müdahalesine gerek olmaksızın, kendiliğinden gerçekleştiği dijital ve hesaplanabilir sözleşmeler"*¹⁷⁰ olarak tarif etmiştir.

Nick Szabo, akıllı sözleşmeleri çalışma prensipleri açısından dijital ürün otomatlarına kıyaslamaktadır. Otomat makinesi parayı geri dönüşü olmayacak bir şekilde alır ve uygun tutarın ödenip ödenmediğini kontrol eder. Ödeme geçerliyse ürünü alıcıya teslim eder. Otomat makinesindeki benzerlikten de anlaşıldığı üzere

¹⁶⁶ Ethereum Developers, "Anatomy of Smart Contracts" (Erişim 04 Ağustos 2021); Solidity, "Creating Contracts" (Erişim 04 Ağustos 2021); Özcan, *Blokzincir Mimarisi ve Merkezi Olmayan Uygulamalar*, 55.

¹⁶⁷ Nick Szabo, "Smart Contracts" (Erişim 05 Ağustos 2021).

¹⁶⁸ Nick Szabo, "Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets" (Erişim 05 Ağustos 2021); Nick Szabo, "The Idea of Smart Contracts" (Erişim 05 Ağustos 2021).

¹⁶⁹ Szabo, "Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets".

¹⁷⁰ Nick Szabo, "Formalizing and Securing Relationships on Public Networks", *Firs Monday* 2/9 (Ekim 1997), 9.

akıllı sözleşmeler “if...then...” esasına göre çalışmaktadır.¹⁷¹ Szabo’nun bahsettiği akıllı sözleşmeler günümüzde merkeziyetsiz blokzincir teknolojisi üzerine kurulu akıllı sözleşmeden farklıdır.¹⁷² Nitekim akıllı sözleşme mantığı, blokzincir teknolojisinden önce de Elektronik Veri Değişimi (Electronic Data Interchange-EDI) gibi uygulamalarda yer bulmuştur.¹⁷³ Akıllı sözleşmeler blokzincir teknolojisi üzerinde Ethereum platformuyla hayata geçmiştir. Blokzincir teknolojisi üzerinde kurulan akıllı sözleşmelerin genel geçer bir tarifi olmasa da *“merkezi olmayan mutabakat kapsamında, şartları önceden belirlenmiş hükümlerin yerine gelmesi halinde tetiklenerek gerçekleşen, üçüncü kişilerin müdahale ve yönlendirmesini önleyen, otomatik olarak işleyen, bilgisayar kodlarına dönüştürülmüş programlar”* şeklinde kapsamlı olarak tarif edilmektedir.¹⁷⁴

Akıllı sözleşmelerin teknik anlamda nasıl kurulduğuna Ethereum bölümünün farklı başlıkları altında değindik. Teknik ayrıntılara girmeden kısaca özetleyecek olursak akıllı sözleşmeler harici hesaplar tarafından oluşturulur ve çalışmak için komut beklerler. Bu komut akıllı sözleşmeyi oluşturan kişi tarafından gönderilebilir (internal fonksiyon) veya başka bir harici hesap ya da akıllı sözleşme tarafından gönderilebilir (external fonksiyon). Ayrıca akıllı sözleşme herhangi biri tarafından gelecek komuta açık olabilir (Public) veya sadece belirli harici hesaplardan ve akıllı sözleşmelerden gelen komutlara özel olabilir (Private). Akıllı sözleşme oluşturmak isteyen bir harici hesap Ethereum Sanal Makinesi’nin derleyebileceği uygun bir yazılım diliyle¹⁷⁵ Geth gibi bir arayüz kullanılarak akıllı sözleşme kodunu yazar. Yazılan bu kodu Ethereum Sanal Makinesi’ne yüklendikten sonra bu makine aracılığı ile işlem havuzuna aktarılır. Ethereum platformunun mutabakat algoritması doğrultusunda işlem bir blok içine kaydedilir. Üretilen bu blok doğrulandıktan sonra

¹⁷¹ Damla Beril Çubukçu, *Teknik ve Hukuki Yönleriyle Akıllı Sözleşmeler* (İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2020), 5; Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 130.

¹⁷² Berk Kapancı, “Özel Hukuk Penceresinden Blokzincir: ‘Sanal Para’ Değerleri ve ‘Akıllı Sözleşmeler’ Üzerine Değerlendirmeler”, *Gelişen Teknolojiler ve Hukuk I: Blokzincir*, ed. Eylem Aksoy Retornaz - Osman Gazi Güçlütürk (İstanbul: On İki Levha Yayıncılık, 2020), 137.

¹⁷³ Kapancı, “Özel Hukuk Penceresinden Blokzincir: ‘Sanal Para’ Değerleri ve ‘Akıllı Sözleşmeler’ Üzerine Değerlendirmeler”, 131.

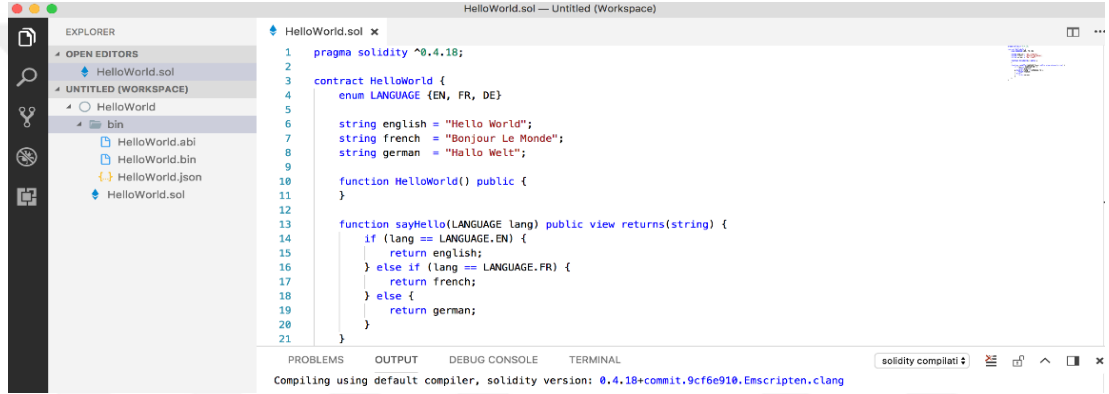
¹⁷⁴ Gonca Atıcı, *Dijital Ekonomi Blokzinciri ve Finansal Sistem* (Ankara: Nobel, 2020), 91.

¹⁷⁵ Genellikle Ethereum’un kendi çıkardığı Solidity dili kullanılmaktadır. Dedeoğlu, *A’dan Z’ye Blockchain*, 63.

blokzincire eklenir. Bu süreçte akıllı sözleşme sahibinden yazdığı kodun içeriğine göre işlem ücreti alınır. Blokzincire eklenen akıllı sözleşmeye özel bir adres oluşur ve bu adrese gönderilecek komut sözleşmeyi çalıştırır ve yazılan şartların gerçekleşmesini sağlar. Akıllı sözleşme blokzincir ağındaki her bir düğüm tarafından çalıştırılmaktadır.

Serkan Doğantekin tarafından Visual Studio Code üzerinde hazırlanan bir akıllı sözleşme örneğini aşağıdaki resimde görebiliriz.

Resim 2.2: Akıllı Sözleşme Örneği



Kaynak: <https://medium.com/@sdogantekin/15-dakikada-ilk-akilli-sozlesmemizi-yazalim-871k-ak%C4%B1l%C4%B1-s%C3%B6zle%C5%9Fmemizi-yazal%C4%B1m-6e8f6b472746>

Doğantekin, bu örnek sözleşmenin İngilizce, Fransızca ve Almanya olarak “Merhaba Dünya” cümlesinin karşılıklarını bileceğini ve sözleşme ile etkileşime geçen kullanıcın dil tercihinine göre cevap vereceğini belirtmektedir.¹⁷⁶

A. Akıllı Sözleşmelerin Özellikleri

Akıllı sözleşmelerin özellikleri, çalıştırıldıkları platform türüne göre değişiklik gösterebilmektedir. Akıllı sözleşmenin özellikleri kullanıcının beklentisine göre avantaj veya dezavantaj olarak yorumlanabilir. Burada akıllı sözleşmenin bazı genel özelliklerine değineceğiz.

1. Güvenlik

Akıllı sözleşmeler bu özelliğini blokzincir teknolojisiyle sağlarlar. Nitekim blokzincir teknolojisi ilk olarak güvenliği ve merkeziyetsizliği önceleyen bir yapıda

¹⁷⁶ Serkan Doğantekin, “15 Dakikada İlk Akıllı Sözleşmemizi Yazalım”, Blog, *Medium* (Erişim 05 Ağustos 2021).

uygulamaya konulmuştur. Bu anlamda kullanıcıların gerçek kimlikleri doğrudan bilinmemekte ve kötü niyetli üçüncü kişilerin müdahalesi engellenmektedir.¹⁷⁷

2. Değişmezlik

En başta özellikle kodlanmadığı sürece akıllı sözleşmeler iptal edilemezler veya değiştirilemezler. Bu durum, kullanıcılara güven sağlasa da bazı durumlarda zorlukları beraberinde getirir. Nitekim, hukukta iyi niyet, mücbir sebep, dürüstlük kuralı, güven teorisi gibi kavramlar yer almaktadır. Akıllı sözleşmeler yoruma açık olmayacak kesinlikte yazılırlar ve bu sınırlar içerisinde karmaşık kodlar yazmak hatalara veya istenmeyen sonuçlara sebebiyet verecek kod açıklarına neden olabilir. Sonuç olarak gerçek hayatta öngörülen esnek kavramlara uyum sağlamakta zorlanabilirler.¹⁷⁸ Bu uyumu kolaylaştırma adına, akıllı sözleşmelere “kendini imha-selfdestruct” kodunun yazılması ile yürütmeyi durdurma, iptal etme ve işlemleri geri alma imkânı söz konusudur. Ancak işlem imha edilip para transferi gibi yapılan değişiklikler geri alınsa bile işlemin yapıldığına dair bilgi blokzincir hafızasından silinemez.¹⁷⁹

3. Otomatiklik

Otomatiklik kavramı akıllı sözleşmelerin getirdiği bir yenilik değildir. Nitekim, otomatik ödeme talimatında veya bazı elektronik sözleşmelerde bu özellik yer almaktadır. Akıllı sözleşmelerin bunlardan farkı ise herhangi birinin bu otomatikliği bozamamasıdır. Belirtmek gerekir ki mevcut durumda akıllı sözleşmenin sağladığı otomatiklik gerçek kullanıcılardan tamamen bağımsız olmayı sağlayamamaktadır. Nitekim, sözleşmeler birbirleri arasında iletişim kurabiliyor olsa da her bir sözleşme kodlandığı sınırlarda hareket etmekte ve özerk davranamamaktadır. Bu bakımdan otonomluk özelliği bulunmamaktadır.¹⁸⁰

¹⁷⁷ Çubukçu, *Teknik ve Hukuki Yönleriyle Akıllı Sözleşmeler*, 35; Pınar Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları* (İstanbul: On İki Levha Yayıncılık, 2021), 43.

¹⁷⁸ Çubukçu, *Teknik ve Hukuki Yönleriyle Akıllı Sözleşmeler*, 37; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 44,57; Binance Academy, “Akıllı Kontratlar Nedir?” (Erişim 05 Ağustos 2021).

¹⁷⁹ Medium, “How does Ethereum work, anyway?” (Erişim 05 Ağustos 2021); “Introduction to Smart Contracts”; “Akıllı Kontratlar Nedir?”

¹⁸⁰ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 46-47.

4. Aracılara İhtiyaç Duymama

Sözleşmelerde tarafların birbirlerini tanımıyor olmasından kaynaklanan riski kaldırmak için güvenilir bir üçüncü tarafa ihtiyaç duyulmaktadır. Akıllı sözleşmeler ifaları otomatik hale getirdiği için güvenilir üçüncü taraflara ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak buradaki otomatikliğin kapsamı blokzincir üzerindeki veriler ya da yapay zekâ ve nesnelerin interneti teknolojisinin sağladığı imkanlar ile sınırlıdır. Örneğin, uluslararası ticarete ürünün yolda bozulmadığını tespiti, blokzincire entegreli elektronik bir sistem kullanılmıyorsa, akıllı sözleşme tarafından yapılamamaktadır. Bu nedenle zincir dışından akıllı sözleşmeye veri aktaran bir aracıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu aracıya “oracle” denilmektedir. Oracle’lar gerçek kişiler olabileceği gibi elektronik cihazlar da olabilir. Akıllı sözleşmeler güvenilir üçüncü kişi olarak gerçek bir kişiye bağlanabilir. Güvenilir üçüncü kişilerden sağlanacak veri, fiyat değişikliğinin bildirilmesi gibi, basitse bu oracle’a “güvenilir üçüncü kişi” denmektedir. Şayet veri, bilirkişilerin veya hakimlerin sağlayacağı türden karmaşık bir veriye bu oracle’a “değerlendirici oracle” denir. İnternete bağlanabilen sensörlere ve benzeri cihazlara da “otomatik oracle” denmektedir. Oracle’lar sayesinde sağlanan bu veri aktarımı gerçek dünyadan blokzincire ve blokzincirden gerçek dünyaya olacak şekilde çift taraflı da olabilmektedir.¹⁸¹

5. Dijital Dünya ile Sınırlı Olma

Akıllı sözleşmelere konu olan ürünler veya hizmetler ve bunların bedelleri dijital dünya ile sınırlıdır. Akıllı sözleşmelerde dijital bilgi, değer ve varlık transferi mümkündür ancak dijital dünya ile bağlantısı olmayan ürün ve hizmetler akıllı sözleşmenin kapsamına ancak dijitalize edildikten sonra dahil olabilirler. Bu bakımdan önce ürünü veya hizmeti temsil eden bir dijital belirteç gerekir. Bu dijital belirteçlere “token” denmektedir.¹⁸²

¹⁸¹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 60; Çubukçu, *Teknik ve Hukuki Yönleriyle Akıllı Sözleşmeler*, 31; Ethereum Developers, “Oracles” (Erişim 05 Ağustos 2021).

¹⁸² Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 56.

6. Masrafları Azaltma

Akıllı sözleşmeler aracılığıyla kaldırıldığı için masrafları azaltacağı öngörülmektedir. Ancak belirtmek gerekir ki akıllı sözleşmeler tamamen yaygınlaşıp kullanımı kolay hale gelene kadar yazılımcılara, avukatlara veya oracle'lara ihtiyaç duyulacağı için akıllı sözleşme kullanımı daha masraflı bir hal alabilir.¹⁸³

7. Şeffaflık

Açık blokzincir üzerinde yapılan işlemler izleri silinemeyecek şekilde kaydedilmektedir. Şeffaflık ile asimetric kriptografik şifrelemeyi bir arada düşününce şöyle bir sonuca varabiliriz. Blokzincir üzerinde yapılan işlemler özel anahtar ile şifrelenmekte ve ağdakiler tarafından doğrulanmaktadır. Burada şeffaflıktan kasıt sözleşmelerin içeriğinin bilinmesi değildir. Nitekim, bloğa eklenecek işlemlerin doğrulanmasındaki amaç bu işlemlerin gerçekten özel anahtara sahip kimseler tarafından yapıldığını ve işlem verilerinin değişmediğini tespit etmektir. Bu anlamda, asimetric şifrelemede verilen genel anahtarın bir işlemi gerçekleştirdiği, yani işlemin varlığı, ağdaki katılımcılar tarafından bilinebilir. İşlem yapıldıktan sonra cüzdanlardaki kripto birim ağdaki katılımcılar tarafından bilinebilir. Şeffaflığı bu şekilde anlamak daha doğru olacaktır.¹⁸⁴

¹⁸³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 49-50.

¹⁸⁴ Bir kişinin bildiği bir bilgiyi bir başkasına, bilgiyi kendisine vermeden, ispat etmesini ifade eden Zero Knowledge Proof ile ilgili bkz. Medium, "Zero-Knowledge Proofs (ZKPs)" (Erişim 05 Ağustos 2021); Binance Academy, "Zero-Knowledge Proofs" (Erişim 05 Ağustos 2021).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

AKILLI SÖZLEŞMELERİN TÜRK BORÇLAR HUKUKU VE İSLAM BORÇLAR HUKUKU AÇISINDAN İNCELENMESİ

I. Akıllı Sözleşmeye Benzeyen Uygulamalar ve On Chain-Off Chain Ayrımı

Gerçekleşen teknolojik gelişmeler ve geçiş sürecinde olduğumuz dördüncü sanayi devriminin getirdiği bilgi ve bilişim teknolojileri, yapay zekâ, makine öğrenimi ve nesnelerin interneti ile doğrudan veya dolaylı olarak ilişkisi bulunan blokzincir teknolojisinin ve akıllı sözleşmelerin¹⁸⁵ kullanımında bireyler ve devletler arasındaki düzenin oluşturulmasını hukuki düzenlemeler sağlamaktadır. Akıllı sözleşme ile tarafların arzu ettiği sonuçların güvence altında olması için yapılan işlemin hukuken bağlayıcı olması gerekmektedir.¹⁸⁶ Akıllı sözleşmeler, gelişmesiyle ve yaygınlaşmasıyla birlikte bankacılık, finans, uluslararası ticaret, sağlık, e-devlet hizmetleri, akıllı yönetim gibi birçok alanda bireylerin hayatlarına etki edecek, ulusal ve uluslararası birçok uygulamayı yeniden şekillendirecektir. Özellikle, ilk olarak, ekonomik, finansal ve ticari konularda uygulama alanı bulacaktır. Bu anlamda, akıllı sözleşmelerin İslami Bankacılık ve Finans alanlarına uyum sağlayabilmesi ve finansal teknolojiler (FinTech) kapsamında geliştirilebilmesi için İslam Borçlar Hukuku özelinde incelenmesi gerekmektedir. Ayrıca, akıllı sözleşmelerin hükmünün tespiti ve fetvasının verilmesi gerekecektir. Dolayısıyla akıllı sözleşmelerin hukuki ve fıkhi niteliğinin tespit edilmesi önem arz etmektedir.

Öncelikle belirtmek gerekir ki akıllı sözleşmelerin blokzincir teknolojisi üzerinde kurulmalarının gerekli olmadığı ifade edilmektedir.¹⁸⁷ Ancak çalışmamızın

¹⁸⁵ Şimşek, Samar, “İslami Finans Açısından Blokzincir Teknolojisi”, 90,94.

¹⁸⁶ Kun, “Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions”, 149.

¹⁸⁷ Olaf Meyer, *Stopping the Unstoppable - Termination and Unwinding of Smart Contracts*, SSRN Scholarly Paper (Rochester, NY: Social Science Research Network, 29 Ekim 2019) (Social Science Research Network), 3; Kapancı, “Özel Hukuk Penceresinden Blokzincir: ‘Sanal Para’ Değerleri ve ‘Akıllı Sözleşmeler’ Üzerine Değerlendirmeler”, 131; Kun, “Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions”, 144-145.

odağında blokzincir tabanlı akıllı sözleşmeler yer almaktadır. Akıllı sözleşmeler için şu tanım yapılmaktadır:¹⁸⁸

“Akıllı sözleşme, merkezi olmayan bir mutabakat neticesinde tarafların sözleşmeye uygulanacak koşulları belirlediği, kendiliğinden uygulanabilir nitelikte olan ve otomatik hale getirilen sözleşmelerin taraflarca ifasına yönelik uygulamanın bir zaman damgası ile mühürlendiği dijital nitelikli sözleşmelerdir.”

Akıllı sözleşmeler, “*sözleşme şartlarını kendiliğinden yerine getiren bilgisayar programları*” olarak tanımlanmaktadır.¹⁸⁹ Her akıllı sözleşme borçlar hukukunun kapsamına girmeyebilir. Taraflar arasında hukuki sonuç doğurmaya yönelik yapılan işlemlerin akıllı sözleşme olarak nitelendirilmesinin yanı sıra otomatikleştirilmiş ve merkeziyetsiz uygulamalar¹⁹⁰ veya akıllı ampul, akıllı priz, akıllı saat gibi basit şekilde otomatik ve “if...then...” esasına göre çalışan eşyalar da akıllı sözleşmelerin kapsamında yer almaktadır.¹⁹¹ Örneğin, bir binanın pencerelerinden içeri giren gün ışığı belirli seviyeye ulaştığında yanan ampullerin otomatik olarak sönmesi, belirlenen saatte kahve makinesinin otomatik olarak çalışması veya belirli bir oda sıcaklığına ulaşıldığında klimaların otomatik kapanması akıllı sözleşmedir.

Akıllı sözleşmeleri ve hukuki niteliğini daha iyi anlayabilmek için bazı benzer kavramlara değinmek faydalı olacaktır. İlk olarak otomatlar akıllı sözleşmelere benzetilmekte ve literatürde akıllı sözleşmelerin anlaşılabilmesi için basit bir örnek olarak verilmektedir.¹⁹² Akıllı sözleşmeler tıpkı otomatlar gibi önceden belirlenmiş şartlar gerçekleştiğinde otomatik olarak sözleşmenin kurulmasını ve ediminin yerine getirilmesini sağlamaktadır. Akıllı sözleşmelerin hukuki niteliği tespit edilirken otomatların hukuki niteliğine bakılabilir. Ancak

¹⁸⁸ Cemal Araalan, “Akıllı Sözleşmeler”, *Terazi Hukuk Dergisi* 15/163 (Mart 2020), 503.

¹⁸⁹ Kapancı, “Özel Hukuk Penceresinden Blokzincir: ‘Sanal Para’ Değerleri ve ‘Akıllı Sözleşmeler’ Üzerine Değerlendirmeler”, 132.

¹⁹⁰ Blokzincir üzerinde veri depolama hizmeti sunan projeler, blokzincir tabanlı sosyal medya ve oyunlar örnek verilebilir. Ayrıntılı bilgi için bkz. Medium, “Blokzinciri üzerinde merkeziyetsiz uygulamalar (dApp): hangi platform?” (Erişim 12 Ağustos 2021).

¹⁹¹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 74-75; Kapancı, “Özel Hukuk Penceresinden Blokzincir: ‘Sanal Para’ Değerleri ve ‘Akıllı Sözleşmeler’ Üzerine Değerlendirmeler”, 138-139; Meyer, *Stopping the Unstoppable - Termination and Unwinding of Smart Contracts*, 4; Ecem Kirkit, “Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası”, *Çukurova Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi* 3/6 (Aralık 2016), 157.

¹⁹² Szabo, “Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets”, 1.

otomatlar ile akıllı sözleşmeler arasından önemli farklar bulunmaktadır. Ürün otomatları insan müdahalesine açıkken akıllı sözleşmeler ilkesel olarak insan müdahalesine kapalıdır. Nitekim otomatların camının kırılması, ürün otomatının anahtarına sahip olan kimselerin kötü niyetli hareket etmesi veya ikrah altında olması mümkündür. Ayrıca otomatlarda sözleşme konusu olan ürünün sıkışması veya makinenin arıza vermesi ihtimalleri göz önüne alınırsa sözleşmenin ifası garanti altına alınmamaktadır. Oysaki akıllı sözleşmeler edimleri garanti altına almayı hedeflemektedir.¹⁹³ Akıllı sözleşmelerde irade beyanlarının, özellikle kabul beyanının, örtülü biçimde yapılması sebebiyle beyu'l-muâtât¹⁹⁴ ve beyu'l-isticrâr'a¹⁹⁵ benzetilmektedir.¹⁹⁶

Akıllı sözleşmelerin benzediği bir diğer husus elektronik sözleşmelerdir. Elektronik sözleşme, taraflar arasında elektronik iletişim araçları kullanılarak, özellikle bu araçlardan olan internet kullanılarak, kurulan sözleşmeleri ifade etmektedir.¹⁹⁷ Elektronik sözleşmeler web siteleri, elektronik postalar ve elektronik veri değişimi¹⁹⁸ aracılığıyla kurulabilmektedir.¹⁹⁹ Elektronik sözleşmeler bilgisayar

¹⁹³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 76.

¹⁹⁴ Teâtî yoluyla bey', tarafların veya taraflardan birinin icap ve kabulü lafızla değil hal ve hareketleri ile yani örtülü beyan ile ortaya koymasıdır. Teati yoluyla yapılan sözleşmeler ile ilgili mezheplerin farklı görüşleri mevcuttur. Mutlak anlamda geçerli olacağı ve olmayacağı görüşlerinin olmasıyla birlikte değersiz eşyaların konu edilmesi durumunda geçerli olacağını dile getiren İslam alimleri de vardır. Muhammed Mahmud el-Cemal, "el-Vesâit el-Elektroniyye ez-Zekiyye min Manzûri'l-İslâmî" (Mü'temeru Mecma'i'l-Fikhi'l-İslâmî ed-Düvelî ed-Devratü'r-Rabi'a ve'l-İşrûn, Dubai: Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019), 48-49; Muhammed Taki el-Osmânî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbaa* (Dimaşk: Darü'l-Kalem, 2018), 1/64-65.

¹⁹⁵ İsticrâr, icap ve kabul lafızla beyan edilmeden ve pazarlık yapılmadan peyderpey yapılan alışveriş sonucunda bedelin daha sonra toplu olarak hesaplanıp verilmesi ya da belirli bir meblağ verilip her alışverişte bu meblağdan düşülmesi suretiyle yapılan sözleşmelerdir. Osmânî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbaa*, 1/69,71.

¹⁹⁶ Ömer Cümeylî, *el-Ukûdü'z-Zekiyye Vâkı'uha ve Alâkatüha bi'l-Umlâti'l-İftiraziyye* (Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019), 28-30; İbrahim Kafî Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, ed. Tuncay Başoğlu (İstanbul: İSAM Yayınları, 2018), 294; Cemal, "el-Vesâit el-Elektroniyye ez-Zekiyye min Manzûri'l-İslâmî", 45.

¹⁹⁷ İsmet Kahraman Arslan - Neslihan Öz, "Elektronik Ticaret Sözleşmelerine Uygulanacak Hukuk", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 19/38 (30 Eylül 2020), 15; Gamze Turan, "Elektronik sözleşmeler ve elektronik sözleşmelere uygulanacak Hukukun tespiti", *Türkiye Barolar Birliği Dergisi* 77 (2008), 92; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 84; Ömer Cümeylî, *el-Ukûdü'z-Zekiyye Vâkı'uha ve Alâkatüha bi'l-Umlâti'l-İftiraziyye* (PDF: Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019), 15.

¹⁹⁸ Elektronik veri değişimi, bilgi ve belgelerin, insan faktörü olmaksızın, bilgisayar ağları yardımıyla bilgisayarlar arasında otomatik olarak değişimine imkân sağlayan bir sistemdir. Bkz. Turan, "Elektronik sözleşmeler ve elektronik sözleşmelere uygulanacak Hukukun tespiti", 91; Ayrıca bkz. Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 87-89.

kodu ve elektronik ortam kullanımı açısından ve özellikle elektronik veri değişimi yoluyla gerçekleştirilen işlemlerin otomatik olabilmesi açısından akıllı sözleşmelere benzemektedir. Elektronik sözleşmeler ile akıllı sözleşmeler arasındaki farklara gelince elektronik sözleşmeler sözleşmenin her aşamasında insan müdahalesine imkân tanımaktadır.²⁰⁰ Örneğin, internet üzerinden gerçekleştirilen satım sözleşmesinde banka aracılığı ile ödeme yapılması durumunda banka şüpheli gördüğü işlemlerde ödemeleri durdurabilmekte veya mesafeli sözleşmeler yönetmeliği çerçevesinde cayma hakkı kullanılabilmektedir.²⁰¹ Ayrıca akıllı sözleşmeler merkeziyetsiz bir yapı üzerine inşa edilmektedir. Elektronik sözleşmeler doğal dilde yazılmış olan sözleşmenin elektronik olarak yeniden ifade edilmesi olarak nitelendirilmektedir. Alıcı istediği zaman sözleşme şartlarına doğal dilde yazılan dokümanlara ulaşabilmektedir. Bir uyuşmazlık çıkması durumunda mahkeme doğal dil ile yazılı sözleşmeye itibar etmektedir. Dolayısıyla elektronik sözleşmeler müstakil bir sözleşme olarak görülmemekte bilakis hukuki niteliği elektronik araçlarla kurulmayan sözleşmeler ile aynı kabul edilmektedir.²⁰² Aynı şekilde akıllı sözleşmeler de yeni bir sözleşme türü olarak görülmemekte elektronik sözleşmelerde ve geleneksel sözleşmelerde aranan rükünler ve şartlar aranmakta, aynı temeller üzerine kurulmaktadır. Akıllı sözleşmelerin elektronik sözleşmelerden farklılaştığı temel nokta ise otomatiklik değil, dağıtık bir kayıt sistemi üzerindedir. Bunun sonucu olarak tamamen veya kısmen merkeziyetsizlik sağlanmakta ve sözleşmeye müdahale esnekliği azalmaktadır. Bu bakımdan akıllı sözleşmelerin yeni bir sözleşme türü olmadığını, mevcut sözleşmelerde aranan şartlara tabi olduğunu ve akıllı sözleşmelerin kuruluş ve ifaya yönelik araç ve yöntem olduğunu vurgulamak üzere “akıllı şartlar” ifadesi dile getirilmektedir.²⁰³ Örneğin, teminat sözleşmesinin

¹⁹⁹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 84.

²⁰⁰ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 85.

²⁰¹ Mesafeli Sözleşmeler Yönetmeliği, *Resmî Gazete* 29188 (27 Kasım 2014), m.9/1; Kapancı, “Özel Hukuk Penceresinden Blokzincir: ‘Sanal Para’ Değerleri ve ‘Akıllı Sözleşmeler’ Üzerine Değerlendirmeler”, 142.

²⁰² Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 85-86.

²⁰³ Kutup Mustafa Sânu, *el-Ukûdü’z-Zekiyye fi Dav’i’l-Usûl ve’l-Makâsîd ve’l-Maâilât* (Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019), 37; Kun, “Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions”, 142; Şimşek, Samar, “İslami Finans Açısından Blokzincir Teknolojisi”, 97; Cümeylî, *el-Ukûdü’z-Zekiyye Vâkı’uha ve Alâkatüha bi’l-Umlâti’l-İftiraziyye*, 15,30; İnsaf Eyüp el-Mûnî, *el-Ukûdü’z-Zekiyye Mefhûmuha ve Mümeyyizâtüha ve Erkânüha* (Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019), 19,28;

akıllı sözleşme ile kurulması bu sözleşmeyi teminat sözleşmesi olmaktan çıkarmamakta, bu sözleşmenin yapılış biçimini değiştirmektedir.

Akıllı sözleşmelerin hukuki ve fıkhi niteliğini daha iyi anlayabilmek için irade beyanlarının gerçekleştiği aşamaları belirtmek üzere yapılan “on-chain” ve “off-chain” ayırımına dikkat çekmek gerekmektedir. Off-chain akıllı sözleşmelerde taraflar zincir dışında doğal dilde sözleşmeyi akdetmekte ve sözleşmenin uygun olan şartlarını bilgisayar kodunda yazarak ifa mekanizmasını otomatik hale getirmektedirler.²⁰⁴ Bu türde sözleşme zincir dışında geleneksel şekilde akdedildikten sonra sözleşme şartlarının hepsi veya bir kısmı yazılım diliyle zincire işlenmektedir.²⁰⁵ Bu durumda akıllı sözleşme denetleme, belgeleme ve edimlerinin ifası görevini üstlenmektedir. Off-chain akıllı sözleşmelerine imkân verilmesi sözleşme serbestisinin bir parçası olan içerik serbestisi ile temellendirilmektedir. Buna göre tarafların sözleşmenin içeriğini, ifa yerini ve tabi tutulacağı hukuku belirleyebilecekleri gibi ifanın nasıl yapılacağını da kararlaştırabilecekleri ifade edilmektedir. Off-chain akıllı sözleşmelerinde bilgisayar kodu asıl sözleşmenin bir parçası değildir. Çalıştırılan akıllı sözleşme ile asıl sözleşme arasında uyumsuzluk çıkması durumunda asıl sözleşmenin geçerli olacağı görüşü kabul edilmektedir.²⁰⁶

On-chain akıllı sözleşmelerde akıllı sözleşme kodundan önce herhangi bir hukuki işlem bulunmamakta, tarafların hakları ve borçları kodlar ile belirlenmekte ve sözleşme tamamen kod dili ile kurulmaktadır.²⁰⁷ Sözleşme her ne kadar doğrudan akıllı kodlar üzerinden kurulsun da irade beyanları hukuki kişilikler tarafından yapılmaktadır.²⁰⁸ Ancak yapay zekaya ve nesnelerin internetine (IoT) ilişkin

Iyaşı es-Sadık, *el-Ukûdü’z-Zekiyye* (Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019), 11; Gassan Salim et-Talib, *el-Umlâtu’r-Rakmiyye ve Alâkatüha bi’l-Ukûdi’z-Zekiyye* (Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019), 38.

²⁰⁴ Dilşah Büşra Kartal, “Smart Contracts”, *Law in the Digitalization Era*, ed. Murat Oruç (8th International Conference on Law and Society, İstanbul: On İki Levha Yayıncılık, Eylül 2019), 250; Kutup Mustafa Sânu, *el-Ukûdü’z-Zekiyye fi Dav’i’l-Usûl ve’l-Makâsîd ve’l-Maâlât* (Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019), 27; Kun, “Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions”, 146.

²⁰⁵ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 78; Sânu, *el-Ukûdü’z-Zekiyye fi Dav’i’l-Usûl ve’l-Makâsîd ve’l-Maâlât*, 26.

²⁰⁶ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 79.

²⁰⁷ Kartal, “Smart Contracts”, Eylül 2019/250; Sânu, *el-Ukûdü’z-Zekiyye fi Dav’i’l-Usûl ve’l-Makâsîd ve’l-Maâlât*, 27.

²⁰⁸ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 81.

teknolojilerinin geliştirilmesiyle belirli kurallar çerçevesinde çalışan bir akıllı sözleşmenin, akıllı sözleşmeyi oluşturan hukuki kişilikten bağımsız olarak hukuki işlem gerçekleştirebileceği öngörülmektedir. Ürün tedariki örnek olarak verilebilir. Müslümanların azınlıkta yaşadığı yerde kurulan bir restoranın deposundaki ürünlerin doğrudan akıllı sözleşme veya oracle'lar vasıtasıyla belli bir miktarın altına düştüğü tespit edildiğinde ürün sağlayıcıların fiyat, teslimat ve helal standartlarına uyum bilgilerini tarayarak en uygun sağlayıcı ile sözleşme kurabilir.²⁰⁹ Sonuç olarak ilk kurulan akıllı sözleşmenin tarafı gerçek veya tüzel kişiysen sonradan gerçekleşecek sözleşmelere taraf olma açısından ilk akıllı sözleşme, kendisini oluşturanın temsilcisi olarak nitelendirilebilmektedir.²¹⁰ Örnek üzerinden açıklayacak olursak; restoran sahibi ilk akıllı sözleşmedeki gerçek kişiyi, akıllı sözleşme sonradan sağlayıcılar ile sözleşme yaparken restoran sahibinin temsilcisi olmaktadır. Çalışmanın devamında mutlak olarak yazılan “akıllı sözleşmeler” ifadesi ile on-chain akıllı sözleşmeler kastedilecektir. “Geleneksel sözleşmeler” ifadesiyle blokzincir dışında kurulan sözleşmeler kastedilecektir.

Literatürde dikkat çekilen bir diğer konu akıllı sözleşme kavramındaki “akıllı” sıfatıdır. Bu ifadeyle, sözleşmelerin zekaya veya bilince sahip olduğu değil, otonom veya verimli olduğu anlamına geldiği belirtilmektedir.²¹¹ Nitekim akıllı sözleşmeler sadece programlandığı şekilde hareket edebilir ve programlananın dışında gelişen şartlara göre karar alamazlar.²¹² Ancak gelişen yapay zekâ ve makine öğrenimi gibi teknolojiler ile entegrasyonu sonucunda gerçek anlamda akıllı sıfatını haiz olacağı öngörülmektedir.²¹³

Akıllı sözleşmenin teknik işleyişi ile sözleşmesel ilişkilerde aranan şartlar arasındaki uyum veya uyumsuzluk konu edilecektir. Özellikle akıllı sözleşme teknolojisinin getirdiği farklılıkların ve yeniliklerin sözleşmesel ilişki şartlarıyla görünürde çatıştığı noktalar üzerinde durulacaktır. Bu bağlamda, sözleşme serbestisi,

²⁰⁹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 82.

²¹⁰ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 83.

²¹¹ Kirkit, “Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfasi”, 153; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 93.

²¹² Kapancı, “Özel Hukuk Penceresinden Blokzincir: ‘Sanal Para’ Değerleri ve ‘Akıllı Sözleşmeler’ Üzerine Değerlendirmeler”, 138; Meyer, *Stopping the Unstoppable - Termination and Unwinding of Smart Contracts*, 2.

²¹³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 94.

sözleşmenin kuruluşu, sözleşme tarafları, sözleşmelerde şekil şartları, sözleşmelerde irade bozuklukları akıllı sözleşmeler özelinde incelenecektir.

II. Sözleşme Özgürlüğü Bağlamında Akıllı Sözleşmelerin İncelenmesi

Sözleşme özgürlüğü, Anayasada düzenlenen irade özgürlüğü ilkesinin Borçlar Hukukuna yansması olarak nitelendirilmektedir.²¹⁴ İrade özgürlüğünün ise temel hak ve hürriyetlerin dokunulmaz ve devredilmez olduğunu,²¹⁵ ancak anayasanın ilgili maddelerince ve kanunla sınırlandırılabilceğini,²¹⁶ kişilerin maddi ve manevi varlığını koruma ve geliştirme hakkına sahip olduklarını,²¹⁷ mülkiyet ve miras haklarına sahip olduklarını²¹⁸ ve istenilen alanda çalışma ve sözleşme yapma hürriyetine sahip olduklarını belirten Anayasanın ilgili maddelerine atıfla temellendirildiği ifade edilmektedir.²¹⁹

Sözleşmenin akdedilmesi veya akdedilmemesi, sözleşmenin karşı tarafının belirlenmesi, sözleşme içeriğinin ve şeklinin belirlenmesi gibi sözleşme özgürlüğünün uygulama biçimleri zikredilmektedir.²²⁰ Sözleşme özgürlüğünden bahsedebilmek için ilk olarak bir sözleşmenin kurulup kurulmamasına karar vermek gerekmektedir. Dolayısıyla genel olarak bir kimse dilediği sözleşmeyi yapabilir ve herhangi bir sözleşme kurmaya zorlanamaz. Genel olarak ifade edilen bu esas kanun tarafından belirli sebeplere sınırlandırılmaktadır. Sözleşme özgürlüğünü sınırlandıran bu sebepler arasında kanunun kendisi, dürüstlük ilkesi veya ön sözleşme zikredilmektedir.²²¹ İslam Borçlar Hukuku'nda vaad ve muvaadenin sözleşme akdedip akdetmeme özgürlüğünü sınırladığı belirtilebilir. Vaad ve muvaadenin

²¹⁴ Kübra Ercoşkun Şenol, "Sözleşmenin İçeriğini Belirleme Özgürlüğü ve Bunun Genel Sınırı TBK M. 27.", *İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası* 74/2 (Aralık 2016), 711.

²¹⁵ Türkiye Cumhuriyeti Anayasası (AY), *Resmî Gazete* 17863 (18 Ekim 1982), Kanun No. 2709, md.12/1.

²¹⁶ Türkiye Cumhuriyeti Anayasası (AY), md. 13.

²¹⁷ Türkiye Cumhuriyeti Anayasası (AY), md. 17/1.

²¹⁸ Türkiye Cumhuriyeti Anayasası (AY), md. 35/1.

²¹⁹ Ercoşkun Şenol, "Sözleşmenin İçeriğini Belirleme Özgürlüğü ve Bunun Genel Sınırı TBK M. 27.", 710.

²²⁰ Ercoşkun Şenol, "Sözleşmenin İçeriğini Belirleme Özgürlüğü ve Bunun Genel Sınırı TBK M. 27.", 712.

²²¹ Ercoşkun Şenol, "Sözleşmenin İçeriğini Belirleme Özgürlüğü ve Bunun Genel Sınırı TBK M. 27.", 713.

bağlayıcılığı İslam hukukunda tartışmalıdır.²²² Aynı şekilde topluma zarar veren ihtikar da bu özgürlüğü kısıtlayan sebeplerden kabul edilebilir.

Sözleşme özgürlüğünün ikinci uygulanış biçimi ise sözleşmenin karşı tarafını belirleme özgürlüğüdür. Sözleşme akdetme özgürlüğünün kısıtlandığı yerlerde karşı tarafın seçiminin de kısıtlandığı söylenebilir. Örneğin, köyde bulunan tek eczanenin şartları sağlayan bütün müşterilerle ayırım yapmadan sözleşme yapması gerekmektedir.²²³

Sözleşmenin içeriğini belirleme özgürlüğü Türk Borçlar Kanunu madde 26'da "*Taraflar, bir sözleşmenin içeriğini kanunda öngörülen sınırlar içinde özgürce belirleyebilirler*" ifadesiyle düzenlenmiştir. Bu özgürlük sadece tek tarafa değil, sözleşmenin tüm taraflarına tanınmıştır. Nitekim sözleşmede ortaya konan irade beyanlarının birbirine uyumlu olması gerekmektedir. Ancak Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun md. 6/3'ün tüketiciye tanıdığı kanuni yetki²²⁴ ve bir tarafın önceden sözleşmenin içeriğini belirlediği durumlar²²⁵ bahsi geçen özgürlüğün istisnalarıdır.²²⁶

Bir sözleşmenin oluşabilmesi için üzerinde anlaşılması gereken asgari unsurlara "objektif esaslı noktalar" denir. Sözleşmenin tarafları, belirlenmesi

²²² İslam Hukuku'nda vaad ve muvade tartışmalıdır. Maliki mezhebi dışındaki mezhepler muavaza akitlerinde vaadi kazaen bağlayıcı görmediklerini belirtilmektedirler. Maliki mezhebinde cumhurun görüşüne göre ise vaad bir sebebe bağlandıysa ve karşı taraf bu sebebe istinaden bir külfet altına girdiyse bu durumda vaadin kazaen bağlayıcı olduğu aktarılmaktadır. Bkz. Muhammed Taki el-Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbaa* (Dımaşk: Darü'l-Kalem, 2018), 1/75-77; Hanefi mezhebine göre insanların ihtiyacı göz önüne alınarak vaadin kazaen bağlayıcı olabileceği ifade edilmektedir. Bkz. el-Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbaa*, 1/86-90; Bkz. AAOIFI kararına göre külfet oluşturan bir sebebe bağlı olan tek taraflı vaatler kazaen bağlayıcıdır. Hey'etu'l-Muhasebe ve'l-Muraca'a li'l-Müessesâti'l-Mâliyye, *el-Me'âyîru's-şer'iyye* (Bahreyn: Hey'etu'l-Muhasebe ve'l-Muraca'a li'l-Müessesâti'l-Mâliyye, 2017), 1190-1191.

²²³ Ercoşkun Şenol, "Sözleşmenin İçeriğini Belirleme Özgürlüğü ve Bunun Genel Sınırı TBK M. 27.", 717.

²²⁴ "Ticari veya mesleki amaçlarla hareket edenler; aksine bir teamül, ticari örf veya adet ya da haklı bir sebep yoksa; bir mal veya hizmetin satışını o mal veya hizmetin, kendisi tarafından belirlenen miktar, sayı, ebat gibi koşullara ya da başka bir mal veya hizmetin satın alınması şartına bağlayamaz." Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun (TKHK) (Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun (TKHK)), 6502 Resmî Gazete 28835 (07 Kasım 2013), md. 6/3.

²²⁵ Genel işlem şartları ve İltihakî Sözleşmeler ile ilgili bkz. Türk Borçlar Kanunu (TBK), Resmî Gazete 27836 (11 Ocak 2011), Kanun no. 6098, md. 20-25; Ayıca bkz. Beyza Sultan Sevsevil, *Elektronik Sözleşmelerin Kuruluş Aşamasında Tüketicinin Korunması* (İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2020), 9-10.

²²⁶ Ercoşkun Şenol, "Sözleşmenin İçeriğini Belirleme Özgürlüğü ve Bunun Genel Sınırı TBK M. 27.", 718-719.

mecburi olmayan yan noktaları da esaslı noktalara dahil ederlerse bunlara “sübjektif esaslı noktalar” denir ki bunlar üzerinde anlaşmaya varılması sözleşmenin kurulabilmesi için gereklidir.²²⁷ Sözleşme içeriğini belirleme özgürlüğü; kanunun emredici hükümlerine,²²⁸ kamu düzenine,²²⁹ ahlaka,²³⁰ kişilik haklarına²³¹ aykırılık durumlarında veya sözleşme esnasında sözleşme konusunun imkânsız olduğu durumlarda²³² sınırlandırılmaktadır. İslam Hukuku’nda her sözleşme türünün konusu ve bedeli ile ilgili konulmuş kurallar mevcuttur. Örneğin satış sözleşmesinde mebinin mal olması, mevcut olması, mütekavvim olması, teslim edilebilir olması, malum olması, memlûk ve muhrez olması şart koşulmaktadır. Ayrıca İslam Hukuku’nun

²²⁷ M. Kemal Oğuzman - M. Turgut Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler* (İstanbul: Vedat Kitapçılık, 2020), 1/75-76; Fikret Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler* (Ankara: Yetkin Yayınları, 2019), 266-267; Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 2/1.

²²⁸ Kişilerin, aksine karar alamayacakları ve mutlak bağlayıcı kurallardır. Sözleşmenin içeriğinin sadece Borçlar Kanunu’ndaki emredici kurallara değil, bütün kanunlardaki herhangi bir emredici hukuk kuralına aykırı olmaması gerekmektedir. Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/86.

²²⁹ Kamu düzeni emredici hükümler kapsamında yer almakta ancak emredici hükmün olmadığı durumlarda da kamu düzenine aykırı olan sözleşmeler hükümsüz kabul edilmektedir. Kamu düzeni, toplumun genel menfaatine yönelik konulmuş kanun hükümleridir. Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 367; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/278.

²³⁰ Bir sözleşmenin konusu ve amacı topluma mal olmuş ahlak kurallarına aykırı olursa hükmünün geçersiz olacağı belirtilmektedir. Ahlaka aykırılık sözleşmenin bizzat kendisinde, içerdiği edimlerde veya amacında olabilir. Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/89; Para karşılığı boşanma, rüşvet vaadi, hırsızlık amacına yönelik araba kiralanması ve organ satımı örnek olarak verilebilir. Ahlak kavramı toplumlara, yer ve zamana göre değişebilir. Burada esas olanın sözleşmenin yapıldığı anda hâkimin objektif ölçülere göre belirlediği “ahlaka aykırılık” olduğu dile getirilmektedir. Bir diğer husus, sözleşmenin hükümsüz olması için ahlaka aykırı bir amaca her iki tarafın iştirak etmesi veya her iki tarafın bilmesi gerekli görülmüştür. Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 363; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/90; Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 366; Ercoşkun Şenol, “Sözleşmenin İçeriğini Belirleme Özgürlüğü ve Bunun Genel Sınırı TBK M. 27.”, 727.

²³¹ Kişilik haklarına aykırılık kişinin özgürlüğünün, hak ve fiil ehliyetinin makul olmayan ölçüde kısıtlanmasıdır. Kişilik haklarına aykırılık ile ahlaka aykırılığın genelde iç içe olduğu ifade edilmektedir. İki kardeşin yaşlı ebeveynlerine bakabilmek için hiç evlenmeyeceklerini taahhüt etmeleri ahlak kuralına aykırı olmadığı halde kişilik hakkına aykırı olduğu bir örnek olarak verilmektedir. Kişilik haklarına aykırı olarak yapılan sözleşmeler hükümsüzdür. Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 368; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/88; Ercoşkun Şenol, “Sözleşmenin İçeriğini Belirleme Özgürlüğü ve Bunun Genel Sınırı TBK M. 27.”, 731.

²³² Sözleşmenin konusunun sözleşme anından beri objektif ve sürekli olarak imkânsız olmasını ifade etmektedir. Bu durumda sözleşme batıldır. Yanmış bir evin satımı, mevzuatta asgari 100 metre kare parselin satışına izin verildiği halde 50 metre karelik parselin satımı sözleşme konusunun imkansızlığına örnek olarak verilebilir. Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 369; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/91-92; Ercoşkun Şenol, “Sözleşmenin İçeriğini Belirleme Özgürlüğü ve Bunun Genel Sınırı TBK M. 27.”, 370.

genel esaslarından olan riba, garar, cehalet ve niza sebeplerinden kaçınılması gerekli görülmüş ve sözleşmenin içeriğini belirleme özgürlüğü sınırlandırılmıştır.²³³

TBK md.12’de ifade edildiği üzere kanunda aksi belirtilmedikçe sözleşmeler herhangi bir şekle bağlı değildir. Dolayısıyla kanuni istisnalar haricinde taraflar herhangi bir şekil şartına bağlı kalmadan veya anlaştıkları şekil şartları üzerine sözleşmelerini yapabilirler. Anlaştıkları şekil şartlarına taraflardan biri uymazsa sözleşme hükmünü doğurmaz.²³⁴ Bu özgürlüğün istisnası olarak kanunî şekil şartlarına uyulmaması durumunda sözleşme hükümsüzdür.²³⁵ Örneğin, taşınmazların satımı tapu dairesi aracılığı ile yapılmadıkça yapılan sözleşme hukuk nezdinde hükümsüz kabul edilir. İslam Hukuku’nda sözleşmeler için şekilci bakış açısıyla hareket etmeyip rızanın kesin bir şekilde ortaya konmasını sağlayan her vasıta ile sözleşmenin kurulmasına imkân tanınmıştır. Sözleşmenin kurulması için belirli bir lafız veya sığa şart koşulmamış, irade beyanını kesin bir şekilde ifade eden lafız ve sîgalarla sözleşmenin kurulabileceği belirtilmiştir.²³⁶

İslam Hukuku’na göre eşyada asıl olan ibahadır. Sözleşmeler hazırlar arasında olabileceği gibi hazır olmayanlar arasında da kurulabilir. Hazır olmayanlar arasındaki etkileşim de iletişim araçları ile sağlanmaktadır. Kur’ân-ı Kerim’de²³⁷ elçilik ve yazışma yollarına değinilmiş ve kabul edilmiştir. Hazır olmayanlar arasında sözleşme kurulmasının İslam hukukçularının büyük çoğunluğu tarafından kabul edildiği ve cevazı ya da ademi cevazı üzerinde pek durulmadan bu tür sözleşmelerde ortaya çıkan meselelerin ele alındığı belirtilmektedir.²³⁸

Günümüzde elektronik sözleşmeler ve akıllı sözleşmeler yeni iletişim araçları ile kurulmaktadır. Sözleşmesel ilişkilerde karşılıklı rıza (teradî) ve ahde vefa prensibi ön plana çıkmaktadır.²³⁹ Nitekim Nisâ suresi 29. ayette belirtildiği üzere insanlar birbirlerinin mallarına ancak karşılıklı rıza ile yaptıkları ticaretle sahip olabilirler.

²³³ Ali el-Hafîf, *Ahkamü’l-Muamelati’ş-Şer’iyye* (Kahire: Darü’l-Fikr el-Arabi, 2010), 228.

²³⁴ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 17/1.

²³⁵ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 12/2.

²³⁶ Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 292; es-Sadık, *el-Ukûdü’z-Zekiyye*, 22.

²³⁷ *el-Ankebût* 29/18, ts.; *Âl-i İmrân* 3/20, ts.; *Mâide* 5/99, ts.; *eş-Şûrâ* 42/48, ts.; Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 292.

²³⁸ Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 293.

²³⁹ es-Sadık, *el-Ukûdü’z-Zekiyye*, 23; Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 292.

Mâide suresi 1. ayette “*akitlerin yerine getirilmesi*” ve İsrâ suresi 34. ayette “*ahitlerin yerine getirilmesi*” emredilmektedir. Ayrıca İslam Borçlar Hukuku’nu doğrudan ilgilendiren yeni iletişim araçları, elektronik sözleşmeler teysir ve maslahat²⁴⁰ prensipleri doğrultusunda değerlendirilmektedir.²⁴¹ Hakkında açık nass olmayan akıllı sözleşmelerde örfe ve umumi şariat kurallarına riayet edileceği belirtilmektedir. Bu şariat kuralları arasından adaleti ve ihsanı sağlama, aldatma, zulüm, garar, tedlis, gabin ve ribadan kaçınma zikredilmektedir.²⁴² Bunun yanı sıra farklılaşan iletişim araçlarının kullanılması “*ezmânın tegayyürü ile ahkâmın tegayyürü inkâr olunamaz*” külli kaidesi ile ilişkilendirilmektedir.²⁴³ İslam’ın koyduğu genel ilke ve esaslara, şariatın maksatlarına ters düşmediği sürece akıllı sözleşmelerin kabul edilebileceği, kısmi uyumsuzluk olması durumunda İslam’ın çizdiği sınırlara uygun olarak düzeltmeler ve iyileştirmeler yapılabileceği belirtilmektedir.²⁴⁴ Ayrıca akıllı sözleşmelerin vadettiklerinin İslam’ın sağlamak istediği maslahatlara ve koyduğu ilkelere muvafık olduğu dile getirilmektedir.²⁴⁵

Türk Borçlar Hukuku ve İslam Borçlar Hukuku’na göre, sözleşmesel ilişkilerin akıllı sözleşme ile kurulması sözleşme serbestisi ilkesi kapsamında değerlendirilebilir. Bununla birlikte, mevcut durumda, yetkili kurumlar gibi üçüncü kişilerin gözetim ve denetimi altında olmadan da sözleşme serbestisi ilkesine dayanarak akıllı sözleşmelerin kurulabilmesi gerektiği ifade edilmektedir.²⁴⁶

²⁴⁰ İslam Hukuku literatüründe maslahat “ruhî veya bedenî, ferdî veya içtimâî olsun, dünyevî ve uhrevî faydaların sağlanmasını ve zararların giderilmesi” olarak tanımlanmakta ve “def’-i mefsedet” ifadesiyle beraber zikredilmektedir. İbrahim Kafi Dönmez, “Maslahat”, *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi* (Ankara, 2003), 28/79.

²⁴¹ Sânu, *el-Ukûdü’z-Zekiyye fî Dav’i’l-Usûl ve’l-Makâsîd ve’l-Maâlât*, 30; Şeri maslahatlar kapsamında “malın korunması” esasının akıllı sözleşmelerde tahakkuku ile ilgili bkz. Ahmed Hasen, *er-Ru’yetü’l-Makasidiyye li’l-Ukûdi’z-Zekiyye* (Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019), 28-30.

²⁴² es-Sadık, *el-Ukûdü’z-Zekiyye*, 22.

²⁴³ Ahmet Cevdet Paşa, *Açıklamalı Mecelle (Mecelle-i Ahkam-ı Adliyye)* (İstanbul: Hikmek Yayınları, 1990), md.39; Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 293.

²⁴⁴ Hasen, *er-Ru’yetü’l-Makasidiyye li’l-Ukûdi’z-Zekiyye*, 31.

²⁴⁵ Hasen, *er-Ru’yetü’l-Makasidiyye li’l-Ukûdi’z-Zekiyye*, 33.

²⁴⁶ Çubukçu, *Teknik ve Hukuki Yönleriyle Akıllı Sözleşmeler*, 59; Kartal, “Smart Contracts”, Eylül 2019/249; Kirit, “Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası”, 151.

III. Akıllı Sözleşmenin Kuruluşu

Temelleri üçüncü sanayi devrimi sürecinde atılan ve dördüncü sanayi devrimiyle birlikte hızla gelişen²⁴⁷ blokzincir teknolojileri ve özelde akıllı sözleşmelerle ilgili teknik altyapıyı oluşturduktan sonra sözleşmenin kurulmasından hükmünü doğurmasına kadar olan süreci geleneksel sözleşmelere ilişkin kurallar çerçevesinde takip etmek önem arz etmektedir.

Sözleşmeler, hukuki işlem kapsamında yer almaktadır.²⁴⁸ Hukuki işlem, “*bir veya birden fazla kişinin hukuk düzeninin sınırları içerisinde hukuki sonuçlar doğurmayı amaçlayan ve irade beyanından oluşan hukuki bir olgu*” olarak tanımlanmaktadır.²⁴⁹ Türk Borçlar Kanunu’nda düzenlenen irade özgürlüğü ilkesinin uygulama araçlarından biridir. Sözleşme, tarafların iradelerini karşılıklı ve birbirine uygun bir biçimde beyan ettiği hukuki bir işlem olarak tanımlanmaktadır.²⁵⁰ Mecelle’de “*tarafeynin bir hususu iltizam ve teahhüd etmeleridir ki icab ve kabulün irtibatından ibarettir*” şeklinde tanımlanmaktadır.²⁵¹

Sözleşmenin kuruluşuna geçmeden önce akıllı sözleşmeler ile kripto birimler arasındaki ilişkiden bahsetmek yerinde olacaktır. Devletlerin kendi çıkardıkları veya denetledikleri hariç kripto birimlerin yaygın olarak hukuki düzenlemelerden henüz uzak oldukları bilinmektedir. İslam Hukuku açısından da kripto birimlere cevaz verilmemekte veya bu konu üzerinde daha fazla çalışma yapılması gerekli görülerek tevakkuf edilmektedir.²⁵² Bu doğrultuda, bahsedilen kripto birimlerle akıllı sözleşme kurmanın mahzurlu olacağı ve akıllı sözleşmelerin de kripto birimlerden bağımsız

²⁴⁷ Bkz. Naci Atalay Davutoğlu, “Üçüncü ve Dördüncü Sanayi Devrimleri Arasındaki Temel ve Sistemik Farklılıkların Determinist Bir Yaklaşımla Analizi”, *Management and Political Sciences Review* 2/1 (30 Ekim 2020), 176-194.

²⁴⁸ Hukuki işlem, sözleşmelerden daha kapsamlıdır. Nitekim sözleşmelerin iki taraf arasında yapıldığı kabul edilmekte ve tek taraflı yapılan, vasiyetname, ilan yoluyla ödül vaadi ve benzeri işlemler hukuki işlem olarak nitelendirilmektedir. Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 119; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/38.

²⁴⁹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 123.

²⁵⁰ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 1/1; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/44.

²⁵¹ Ahmet Cevdet Paşa, *Açıklamalı Mecelle (Mecelle-i Ahkam-ı Adliyye)*, haz. Ali Himmet Berki (İstanbul: Hikmek Yayınları, 1990), md. 103.

²⁵² Din İşleri Yüksek Kurulu Başkanlığı, “Dijital kripto paraların kullanımının dini hükmü nedir?” (Erişim 15 Ağustos 2021); es-Sadık, *el-Ukûdû’z-Zekıyye*, 48.

olmasının mümkün olmadığı dile getirilmektedir.²⁵³ Mevcut duruma bakıldığında açık blokzincir temelli oluşturulan akıllı sözleşmelerde itibari parayla veya blokzincir platformunun kendi kripto birimi dışında başka bir kripto birimiyle komisyon ücreti ödenmesi zor gözükmektedir. Nitekim, her blokzincir platformundan, kendi kripto biriminin değerlendirilmesi ve hacminin artması için birçok işlemde kendi kripto birimini kullanmayı teşvik etmesi beklenen bir durumdur. Örneğin, Ethereum platformunda akıllı sözleşme oluşturma ücreti gas fee olarak ödenmekte ve bu ücret sadece Ether biriminden hesaplanmaktadır. Ancak geleneksel finans kurumlarının blokzincire adaptasyonu sonucunda akıllı sözleşme kurmak için ödenen komisyonun ve akıllı sözleşme bedelinin itibari para ile ödenmesi mümkün gözükmektedir.²⁵⁴

Akıllı sözleşmelerin sözleşme tanımına uyabilmesi için aranan temel unsur en basit ifadesiyle irade beyanıdır. Sözleşme, irade beyanlarının karşılıklı ve birbirine uygun olması ile kurulur. Bir sözleşmenin doğrudan akıllı sözleşme ile kurulabilmesi (on-chain akıllı sözleşme) veya sözleşmenin ifasına akıllı sözleşme ile aracılık edilebilmesi (off-chain akıllı sözleşme) için tarafların sözleşme kurmaya veya ifa etmeye yönelik iradelerini akıllı sözleşme üzerinde beyan edebilmeleri gerekmektedir. Karşılıklı irade beyanlarından zaman açısından ilkinde icap (öneri) sonrakine kabul denir. İcap ve kabul ayrımına geçmeden önce irade beyanı bir bütün olarak ele alınacak ve akıllı sözleşmeler özelinde irade beyanının çeşitleri incelenecektir.

A. Doğrudan ve Dolaylı İrade Beyanı

Kullanılan araca yönelik yapılan bu ayrım, akıllı sözleşmelerde tarafların beyanlarının birbirine bağlanma ve geçerlilik zamanının tespiti için önem arz etmektedir. Doğrudan irade beyanlarında taraflar arasındaki iletişim eşzamanlı olarak sağlanmaktadır.²⁵⁵ Burada dolaysız veya aracısız yerine “eşzamanlı” ifadesinin kullanılması daha doğru olacaktır. Çünkü irade beyanları, hazırlar arasında yüz yüze yapılabileceği gibi telefon ya da internet üzerinden gerçekleştirilen görüntüsüz veya

²⁵³ es-Sadık, *el-Ukûdü’z-Zekiyye*, 44.

²⁵⁴ Kırkit, “Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası”, 157; ABD’de birçok kredi kuruluşunun blokzincir teknolojisine uyum sağlama girişimleri hakkında yayımlanan haber ile ilgili bkz. Fintech İstanbul, “Kredi Kuruluşları da Blockchain Kullanacak” (Erişim 15 Ağustos 2021).

²⁵⁵ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 113.

görüntülü konuşmalarla ve benzeri interaktif araçlarla da yapılabilmektedir. Dolaylı irade beyanlarında ise taraflar arasındaki iletişimde az veya çok zaman farkı bulunmaktadır. Hazır olmayan taraflar arasında yapılan irade beyanıdır. Televizyon, faks, SMS ve e-posta örnek olarak verilebilir.²⁵⁶

On-chain akıllı sözleşmelerde taraflar genelde interaktif biçimde müzakerede bulunamamaktadırlar.²⁵⁷ Ancak geleneksel sözleşmelerde olduğu gibi taraflar sözleşmeyi yüz yüze müzakere ettikten sonra akıllı sözleşme kurabilirler veya taşınmaz satışında ve hizmet kiralamasında olduğu gibi tarafların bilinmesinin önem arz ettiği sözleşmelerde, özellikle özel blokzincir türünde, anonimlik kaldırılabilir ve taraflara interaktif iletişim imkânı sağlanabilir. Dolayısıyla akıllı sözleşmeler uygulamada ağırlıklı olarak dolaylı irade beyanı ile kurulmakla birlikte doğrudan irade beyanı ile de kurulabilirler. Bu durumda, dolaylı olarak kurulan akıllı sözleşmeler hazır olmayan kimseler arasında söz konusu olan hukuk kurallarına tabi olacaktır.

B. Açık ve Örtülü İrade Beyanı

Bir diğer açıdan yapılan irade beyanı ayırımına göre beyan açık veya örtülü olarak yapılabilir.²⁵⁸ Beyan araçlarından olan söz, yazı veya işaretle hiçbir yoruma ve karışıklığa mahal vermeyecek şekilde anlaşılan irade beyanına “açık irade beyanı” denir.²⁵⁹ Beyanda bulunan kişinin iradeyi gösteren hareketlerinden veya susmasından dolaylı olarak anlaşılan irade beyanına ise “örtülü irade beyanı” denir. Ancak susmanın veya iradeyi gösteren hareketin taraflarca irade beyanı olarak kabul edileceği önceden belirlenmiş olmamalıdır. Aksi takdirde örtülü değil açık irade beyanı söz konusu olur.²⁶⁰

Off-chain akıllı sözleşmelerde, akıllı sözleşme öncesi gerçekleştirilen beyanlar açık veya örtülü olabilir. Geleneksel anlamda kurulmak istenen bir iltihakî

²⁵⁶ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 138.

²⁵⁷ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 113.

²⁵⁸ Türk Borçlar Kanunu (TBK), Md. 1/2; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/52.

²⁵⁹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 139.

²⁶⁰ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 140.

sözleşmenin²⁶¹ ifasını sağlamak üzere hazırlanmış akıllı sözleşmeye doğrudan kabul beyanı mahiyetinde gönderilen komut, geleneksel sözleşme açısından örtülü beyan kabul edilebilir. Nitekim sözleşme kâğıt üzerinde yapılmakta, akıllı sözleşme bir ifa aracı olarak kullanılmaktadır ve beyanı yapan taraf doğrudan ifaya yönelik tasarrufta bulunmaktadır. On-chain akıllı sözleşmelerde ise kodlanmış bir akıllı sözleşmede belirtilen şartların doğrudan irade fiili ile yerine getirilmesiyle beyan, örtülü bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Akıllı sözleşmelerde yapılan irade beyanı “otomatikleştirilmiş irade beyanı” kapsamında değerlendirilmektedir.²⁶² Otomatikleştirilmiş irade beyanı temelde insan iradesine dayanmaktadır.²⁶³ İnsanlar tarafından önceden girilen veriler doğrultusunda oluşturulan yazılım ve bu yazılımı çalıştıracak donanım sonucunda irade beyanı otomatik olarak oluşmaktadır. Sistem bağımsız olarak işlemekte ve kendisine verilen talimatlara uymaktadır. Otomatların ve robotların da bu kapsamda yer aldığı belirtilmektedir.²⁶⁴

Yapay zekâ ve makine öğrenimi teknolojilerinin gelişmesiyle akıllı sözleşmeleri doğrudan etkileyecek olan konu otonomluktur.²⁶⁵ Otomatikleştirilmiş irade beyanı ile otonom irade beyanının farklı kavramlar olduğu vurgulanmaktadır.²⁶⁶ Otonom irade beyanı, önceden spesifik bir veri girdisi olmadan bağımsız olarak kararlar alan ve hukuki işlemler gerçekleştiren yazılım ve donanım bütünüdür. Her ne kadar otonom yazılımlar da en başta bir insan ürünü olsa da akıllı sözleşmeler özelinde düşünüldüğünde, “if...then...” ilkesiyle sınırlandırılmazlar. Kendi bilgi, tecrübe ve işlem potansiyeli doğrultusunda kararlar alabilirler. Örneğin, tedarik edilecek hassas bir ürünün özellikleri, fiyatı, kalitesi, nakliyesi, depolanması, masrafları gibi birçok etkeni göz önünde bulundurarak sağlıklı bir lojistik destek

²⁶¹ İltihakî sözleşme, “sözleşen taraflardan birinin önceden belirlediği şartlar ve hükümler doğrultusunda hazırlanan ve sözleşmenin karşı tarafının önceden hazırlanan bu akdi tek taraflı olarak tartışabilme ve değerlendirebilme imkânından yoksun olarak akdettiği sözleşmeler” olarak tanımlanmaktadır. Bkz. Sevsevil, *Elektronik Sözleşmelerin Kuruluş Aşamasında Tüketicinin Korunması*, 9; Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 227.

²⁶² Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 116.

²⁶³ Turan Şahin, “Elektronik Sözleşmelerin Kuruluşuna İlişkin İrade Beyanları ve Bu Beyanların Geri Alınması”, *TBB Dergisi* 95 (2011), 343.

²⁶⁴ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 116.

²⁶⁵ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 120.

²⁶⁶ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 117.

sağlamada uygun gördükleri seçenekleri tercih edebilirler.²⁶⁷ Günümüzde yapay zekâ teknolojilerinin tam otonomluk seviyesine ulaşmadığı belirtilmektedir.²⁶⁸

Otonomlukta, yazılım ve donanım bütünüün “kişi” olmadığı vurgulanmakta ve hukuki işlem ehliyetine sahip olduğu kabul edilmemektedir. Mevcut durumda akıllı sözleşmelerde yapılan irade beyanı otonom irade beyanı olarak değerlendirilmemektedir.²⁶⁹ Akıllı sözleşmelerde bağımsızlığın aksine, sözleşme şartları ve doğacak sonuçlar imkân dahilinde belirlenmektedir. Tarafların akıllı sözleşmeye tanıdığı kadar otomatiklik söz konusudur. Dolayısıyla akıllı sözleşmelerdeki irade beyanlarının gerçek veya tüzel kişiliklere isnat edilmesi daha kolaydır ve akıllı sözleşmeler gerçek veya tüzel kişiliklerin habercileri olarak kabul edilebilir.²⁷⁰

C. İrade Beyanlarının Birbirine Uygunluğu, Uyuşmazlığı ve İrtibatı (Sözleşme Meclisi)

1. İrade Beyanlarının Birbirine Uygunluğu ve Uyuşmazlığı

İrade beyanlarının birbiriyle uyuşması sözleşmenin kurucu unsurunda olması gereken bir gerekliliktir. TBK md.1’e göre sözleşmenin kurulabilmesi için tarafların iradelerinin birbirlerine uygun olması gerekmektedir.²⁷¹ Tarafların iradelerinin uyuşması gereken asgari unsura “objektif esaslı noktalar” denmektedir.²⁷² Örneğin, satış sözleşmesinde satış konusu ve bedeli objektif esaslı noktalardandır.²⁷³

²⁶⁷ Kartal, “Smart Contracts”, Eylül 2019/251.

²⁶⁸ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 117-118; Eliza Mik, “From Automation to Autonomy: Some Non-Existent Problems in Contract Law”, *Journal of Contract Law*, (01 Mayıs 2020), 4-6.

²⁶⁹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 118; Kartal, “Smart Contracts”, Eylül 2019/251-252.

²⁷⁰ Akıllı sözleşmeleri elektronik temsilci, haberci veya kendine has özellikleri olan ara durum olarak niteleyen görüşler hakkında ayrıntılı bilgi için bkz. Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 184-200; Clifford Chance, *Smart Contracts: Legal Framework and Proposed Guidelines for Lawmakers* (European Bank for Reconstruction and Development, Ekim 2018), 18-20; Sevsevil, *Elektronik Sözleşmelerin Kuruluş Aşamasında Tüketicinin Korunması*, 41-44.

²⁷¹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 261.

²⁷² Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 266; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/75.

²⁷³ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 266; Objektif ve sübjektif esaslı noktaların, sözleşme esnasında kesin sınırlarla belirlenmesinin gerekli görülmediği ve ileriye yönelik olarak tespit tarzının nasıl olacağının belirtilmesi yeterli kabul edilmiştir. Örneğin, bedelin, ifa edileceği zamandaki borsa

Sözleşmenin objektif esaslı noktaları dışında kalan noktalar objektif yönden ikinci dereceyi teşkil eden yan noktalardır. Taraflardan biri sözleşmede ikinci derecedeki yan noktaları sözleşmeye dahil ederse artık bu noktalara “sübjektif esaslı noktalar” denir.²⁷⁴ Objektif ve sübjektif esaslı noktalar irade beyanlarının uyuşma kapsamını oluşturmaktadır ve bu iki noktada sözleşme esnasında uyuşma sağlanamazsa sözleşme kurulamaz.²⁷⁵ Esaslı noktalar dışındaki ikinci derecedeki yan noktaları sözleşme esnasında konuşmamış olmak veya ileriye yönelik tespit edileceğine dair karar almamış olmak sözleşmenin kurulmasına engel olmaz. Örneğin, satış sözleşmesinde ifa zamanı ve teslimat şekli objektif yan nokta olarak kabul edilmekte ve taraflardan birinin açıklama getirmesi durumunda muhatabın irade beyanının bu açıklamaya uyumlu olması gerekmektedir.²⁷⁶

İslam Hukuku’na göre tarafların iradelerinin uyuşması gereken en önemli unsur satış konusudur. Satış bedelinin akit esnasında bilinmemesi veya şer’î olarak mütekavvim olmaması akdin inikadına değil, sıhhatine engel görülmekte ve fasit hükmü verilmektedir.²⁷⁷ Satış konusunun şeri olarak mütekavvim olmaması sözleşmenin kurulmasını,²⁷⁸ malum olmaması ise sözleşmenin sıhhatini engellediği belirtilmektedir.²⁷⁹

İrade beyanlarının uyuşması tabi (fiili) uyuşma ve hukuki (normatif) uyuşma olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır.²⁸⁰ Tarafların birbirlerini doğru anlamaları durumunda tabi uyuşma gerçekleşir ve sözleşme, tarafların anlaştıkları doğrultuda geçerli olur. Taraflardan birinin veya her ikisinin karşı tarafı doğru anlamadığı ya da taraflarca irade beyanlarının uyuşmadığının açıkça bilindiği (açık uyuşmazlık) veya taraflar iradeleri uyuşmadığı halde bunun farkında olmadıkları (gizli uyuşmazlık)

rayicine göre belirlenmesi üzerine taraflar anlaşmış ise sözleşmenin objektif esaslı noktasının tespit edilmiş olacağı ifade edilmektedir. Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/75-76.

²⁷⁴ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 266-267.

²⁷⁵ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 268.

²⁷⁶ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 267-268; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/76.

²⁷⁷ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/410-411.

²⁷⁸ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/278.

²⁷⁹ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/356-357.

²⁸⁰ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 267; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 127.

durumlarda irade beyanları güven teorisine²⁸¹ göre yorumlanır ve hukuki uyuma aranır.²⁸² İslam Borçlar Hukuku'na göre irade beyanlarında zımni uyuma söz konusu olabilir. Örneğin, satıcının 100 TL'ye sattığı bir ürünü müşteri 105 TL'ye satın aldıysa sözleşme 100 TL karşılığında kurulur. Müşterinin ifadesi yeni bir icap kabul edilmez, aksine zımni olarak uyuma sağlanmış olur.²⁸³

Akıllı sözleşmelerde de irade beyanlarının birbirine uygunluğu sözleşmenin kurulabilmesi için temel unsuru oluşturmakta ve uyumsuzluk meydana gelme ihtimali devam etmektedir. Zira akıllı sözleşmeler, girilen veriler doğrultusunda sözleşme şartlarının ifasını otomatikleştirmekte ancak programlama dili sebebiyle verilerin taraflarca anlaşılma veya anlaşmaya varılan bir sözleşmede beklenmeyen sonuçların ortaya çıkma ihtimali bulunmaktadır.²⁸⁴

Programlama dilinin anlaşılması bakımından konu incelendiğinde iki ihtimal ortaya çıkabileceği belirtilmektedir. İlk ihtimalde öneren taraf programlama dilinde yetkin olmayabilir. Bu durumda, öneren taraf veya karşılıklı müzakere edilen sözleşmelerde her iki taraf adına sözleşmeyi bilirkişi hazırlayabilir. Bu sözleşmede hukuki işlem iradesi programlanan tarafta bulunmaktadır. İkinci ihtimalde kabul beyanında bulunacak taraf programlama dilinde yetkin olmayabilir.²⁸⁵ Bu durumda bilirkişiden destek alınması gerekecektir ancak bu ihtimal birincisine nispetle daha zayıftır. Nitekim icap sahibi tarafından programlama dili ile yazılan bir sözleşmenin objektif ve sübjektif esaslı unsurları, farklı bir ara yüz, web sitesi veya mail gibi iletişim araçları ile Türkçe olarak iletilebilir. Örneğin, özellikleri belirtilen bir photoshop uygulamasının lisansı uygulama marketleri üzerinden fiyatı belirtilerek satışa çıkarılabilir. Akıllı sözleşmelerde, sözleşmenin programlama dili ile kurulması,

²⁸¹ Güven teorisi, somut olayın koşulları göz önünde bulundurularak taraflardan herhangi birinin muhatabını dürüstlük kuralı çerçevesinde anlama gerekliliğini ifade eder. Bu teoride muhatabın yerine dürüst, orta zekalı ve makul birinin anlaşılma irade beyanına vereceği anlam esas alınır. Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 262; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/73-75; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 126.

²⁸² Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/72; Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 262; Açık ve gizli uyumsuzluk ile ilgili ayrıntılı bilgi için bkz. Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 271-275; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 127-128.

²⁸³ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/40.

²⁸⁴ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 129.

²⁸⁵ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 130.

geleneksel sözleşmelerde taraflardan birinin veya her ikisinin anlamadığı yabancı bir dilde kurulan sözleşmeye benzetilebilir.

Akıllı sözleşmelerde her iki tarafın beklemediği bir sonucun ortaya çıkması durumunda fiili veya normatif uyuşmanın kontrol edilmesi gerekmektedir. Akıllı sözleşmelerde genellikle taraflar arasındaki temas sınırlı olduğundan tarafların gerçek iradelerinin tespiti kolay gözükmemektedir. Her iki tarafın bekledikleri sonuca ulaşamamaları sözleşmenin esaslı noktalarında bir eksikliğin olabileceğini göstermekte ve bu durumda sözleşme kurulmamış sayılmaktadır.²⁸⁶ Akıllı sözleşmede icap sahibinin beklemediği bir sonucun ortaya çıkması durumunda, icap sahibinin gerçek iradesine uymayan bir iradenin varlığını kabul sahibi bilmiyorsa ya da bilmesi gerekmiyorsa ve önerenin beyanını da güven teorisine uygun olarak anlamışsa sözleşmenin bu beyan üzerine kurulacağı ifade edilmektedir.²⁸⁷ Kabul sahibinin beklemediği bir sonucun ortaya çıkması durumunda, kabul sahibinin beyanı objektif ve güven teorisine göre yorumlanmalıdır. Akıllı sözleşmeler, kapalılığa yol açmayacak biçimde net olarak yazılır. Bu sebeple, kabul sahibinin beyanını güven teorisine göre yorumlayarak iradelerin uyuşmadığını ve beklenmedik biçimde sonuçlanan sözleşmenin kurulmadığını ileri sürmenin doğru olmayacağı belirtilmektedir.²⁸⁸ Bu durumda, kabul sahibinin sözleşmeyi anlamadaki ihmali gibi, güven teorisine göre yapılan yorumlamada kabul sahibini haksız çıkaracak herhangi bir sebep olabilir. Bu konu “irade bozukluğu” başlığı altında incelenecektir. Örneğin, Student Coin (STC) ile okul harcı ödemesi için öğrenciye verilen akıllı sözleşme adresine (hesap numarasına) öğrencinin, aynı kısaltmaya sahip Star Coin (STC) ile ödeme yapması durumunda esaslı unsur sağlanmadığı ve akıllı sözleşmede şart koşulan edim gerçekleştirilmediği için sözleşme hiç kurulmamış olacaktır. Bir başka örnek verecek olursak: katılımı ücretli olan bir uluslararası çevrimiçi eğitim programına katılmak isteyen birinin sözleşmede UTC zaman dilimi belirtilmesine rağmen Türkiye’deki saati esas alması durumunda sözleşme geçerli olacaktır.

²⁸⁶ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 131.

²⁸⁷ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/74.

²⁸⁸ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 132-133.

2. İrade Beyanlarının İrtibatı (Sözleşme Meclisi)

İrade beyanlarının içeriğinde aranan uyuşmanın yanı sıra bu beyanların irtibatlı olması gerekmektedir. Beyanların irtibatlı olabilmesi için öncelikle beyanların birbirine yönelik yapılması gerekir. Örneğin, mecliste hazır olmayan taraflardan birinin bir ürünü satmaya yönelik yaptığı yazılı icap esnasında karşı taraf yapılan yazılı icap kendisine ulaşmadan tesadüfi olarak aynı ürünü almaya yönelik bir irade beyanında bulunursa bu beyan kabul değil icaptır. İrade beyanlarının irtibatında asıl üzerinde durulan konu sözleşme meclisinin başlangıç ve bitiş anının tespitidir. İrade beyanları arasındaki irtibatı oluşturan sözleşme meclisi zaman ve mekân birlikteliği ile ifade edilmektedir.²⁸⁹ Hanefi ve Maliki mezhebinde fevriyet şartı (kabulün icabın peşinde beyan edilmesi) koşulmamıştır. Şafii mezhebinde ise fevriyet gerekli görülmüştür. Böylelikle sözleşme meclisinde zaman açısından birliktelik sağlanmaktadır. Şafii mezhebi, fevriyet görüşü ile birlikte meclis muhayyerliğini kabul etmekte ve kabul beyanından sonra fiziksel olarak bedenlerin ayrılmasını gerekli görmektedir. Böylelikle meclis muhayyerliği hakkı verilmesinin, fevri olarak yapılan kabul beyanını telafi edici nitelikte olduğu ifade edilmektedir. Hanefi ve Maliki mezhebine göre ise sözleşme meclisi sözleşmenin kurulma anında son bulmaktadır.²⁹⁰ Meclis muhayyerliğine delil teşkil eden “*Alıcı ve satıcıdan her biri birbirinden ayrılmadıkça dönme hakkına sahiptir*” mealindeki hadistir.²⁹¹ Hanefi ve Malikiler bu hadisi bedenlerin ayrılması değil, kavillerin ayrılması olarak anlamlandırmaktadır. Ayrıca bu hadisin meclis muhayyerliğine değil, icap ve kabul muhayyerliğine delalet ettiği de ifade edilmektedir.²⁹²

Değinilmesi gereken bir diğer mesele icabın bağlayıcılığının süre ile kayıtlanmasıdır. İcabın süre ile kayıtlanması hem hazırlar hem de gaipler arasında yapılan sözleşmelerde söz konusu olabilir. Örneğin, icapta bulunan kimse kabul iradesinin beyan edilmesi için üç gün süre tanıyabilir. Bu durumda sözleşme meclisi maddi bir birliktelik olarak kabul edilirse burada icabın meclis dışına taşması söz

²⁸⁹ Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 302; Bilal Aybakan, “Meclis”, *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi* (Ankara, 2003), 28/240.

²⁹⁰ Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 303; Mustafa Ahmed ez-Zerka, *el-Medhalü'l-Fıkhi el-Âmm* (Dımaşk: Darü'l-Kalem, 2004), 1/432; es-Sadık, *el-Ukûdü'z-Zekiyye*, 29-30.

²⁹¹ Aybakan, “Meclis”, 28/248.

²⁹² Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbaa*, 1/61-62.

konusudur. Ancak meclis hükmî bir birliktelik olarak ele alınırsa bu durumda icabın süre ile kayıtlanması sözleşme meclisi teorisine ters düşmez. Süreli icap tartışmalı bir konudur. Muhammed Takî Osmânî, bu konuda fıkıh kitaplarında açık bir ifade bulamadığını belirtmekte ve Bahru'r-Râik isimli eserden alıntı yaparak Hanefî mezhebinin vakit tayininin cevazına delil teşkil edebilecek bir delil getirmektedir.²⁹³ Akabinde Fetâvâ-yı Kadîhân ve Fetâvâ-yı Hindîyye isimli eserlerden alıntılarla ve getirdiği yorumlarla süreli icabın cevazına yönelik açıklamalarda bulunmaktadır. Ayrıca süreli icaptan süre dolmadan dönülebileceğini belirtmektedir.²⁹⁴ Ali el-Hafîf, Hanefî mezhebine göre süreli icabı kabul edilmediğini ve meclisin sona ermesiyle icabın da sona ereceğini belirtmektedir. Bu hükmü iki gerekçeyle açıklamaktadır. İlki süre sınırlamasının teberru olarak görüldüğü ve teberrunun bağlayıcı olmadığıdır. İkincisi ise belirlenen süre bitene kadar kabul sahibinin hakkı taalluk ettiği için icap sahibinin mülkiyetindeki tasarruf yetkisinin kısıtlandığı belirtilmekte ve tasarruf hürriyetini sınırlayan etkenler arasında bu hususun yer almadığı ifade edilmektedir. Maliki mezhebine göre, icap belirli bir süre ile kayıtlanmışsa veya örf sebebiyle böyle bir kayıt söz konusuysa süreye riayet edilmesi gerektiği belirtilmektedir. Ancak, bu süre içinde icap sahibinin icabından dönebileceği ifade edilmektedir.²⁹⁵ AAOIFI, 38. standardının 4/2/2 maddesinde süreli icaptan süre sonuna kadar rücu edilemeyeceğini beyan etmektedir. AAOIFI, bu görüşünü Maliki mezhebine dayandırmakta; Ürdün ve Suriye'nin Medeni Kanunu'na atıfta bulunmaktadır. İslam Fıkıh Akademisi de aynı görüşü benimsemektedir.²⁹⁶ Yapılan açıklamalardan anlaşıldığı üzere süreli icaplarda Medeni Kanun'un etkisi görülmektedir. Bu görüş, kamu düzeninin korunmasına yönelik bir tedbir ve kolaylık olarak düşünülebilir. Ayrıca Maliki mezhebinde mutlak vaat veya sebebe bağlı vaat düşünüldüğünde süre ile kayıtlanan icabın bağlayıcı olduğu düşünülebilir.

Sözleşme meclisi tartışmalarında belki de en önemli ayrım sözleşmenin hazırlar veya gaipler arasında gerçekleşmesine göre yapılan ayırmadır. Hazırlar arasında yapılan bir akitte pazarlık yapma niyeti olmadan, objektif ve sübjektif esaslı

²⁹³ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/48.

²⁹⁴ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/48-50.

²⁹⁵ Hafîf, *Ahkâmü'l-Muamelati's-Şer'iyye*, 190.

²⁹⁶ Mecmaü'l-Fıkhi'l-İslâmî ed-Düvelî, *Kararât ve Tavsiyât Mecmaü'l-Fıkhi'l-İslâmî ed-Düvelî* (Organisation of Islamic Cooperation, 2021), 169-170.

unsurları içeren ve akit yapmayı kesin ifade eden icabın sadır olmasıyla sözleşme meclisi başlamaktadır. Kabul iradesinin sadır olduğu, icap sahibinin rücu ettiği, kabul sahibinin icabı reddettiği, süreli icapsa sürenin dolduğu veya meclis devam ederken ehliyetin kaybolduğu durumlarda sözleşme meclisi sona ermektedir.²⁹⁷ Gaippler arasında sözleşme yapılırken sözleşme meclisinin ne zaman başlayacağı, icabı reddettikten sonra icabın iptal olması için ret bilgisinin icap sahibine ulaşmasının gerekliliği, kabul iradesi beyan edilmeden sükût edilen durumda ne zamana kadar icabın geçerli olacağı, sözleşme meclisinin ne zaman tamamlanacağı gibi sorular akla gelmektedir.²⁹⁸ Sözleşme meclisinin gaippler arasında başlama ve bitme zamanı icap ve kabulün akıllı sözleşmelerde ve elektronik sözleşmelerde nasıl gerçekleştiği ile ilgili olduğu için bu konunun ayrıntılarını icap, kabul ve inikad anı başlıkları altında ele alacağız. İslam Hukuku'nda gaippler arasında sözleşme elçi gönderiminde olduğu gibi sözlü veya mektup göndermede olduğu gibi yazılı olmak üzere ele alınmaktadır.²⁹⁹ Kısaca değinecek olursak İslam Hukuku'na göre gaippler arasında hükmi bir irtibat olduğu ifade edilmekte ve sözleşme meclisinin başlangıç anı elçinin icabı karşı tarafa bildirdiği veya karşı tarafın mektubu okuduğu an olarak kabul edilmektedir. Sözleşme meclisinin bitiş anı veya bittikten sonra aynı icap ile ikinci bir sözleşme meclisinin kurulma imkânı tartışmalıdır.³⁰⁰ Ali el-Hafif de kabul sahibi ret beyanında bulunmadıkça veya öneri sahibi önerisinden dönmedikçe dilediği zaman kabul beyanını ortaya koyabileceğini savunmaktadır.³⁰¹ Bu görüş Hanefi mezhebinin esas kabulüne aykırıdır. İbn Abidin her ne kadar bu görüşe meyletse de Hidaye'nin zahirine ters olduğunu belirtmektedir. Dönmez, zamanın gerekliliğini göz önünde bulundurarak önerinin aksi bir durum olmadıkça kalıcı olmasını savunmakta, ihtiyaten -Maliki mezhebinin kabulüne uygun olması için- önerinin belirli bir süre ile tayin edilmesinin daha doğru olacağını belirtmektedir.³⁰² AAOIFI, 38. standardında finansal işlemlerde internet kullanımını ele almaktadır. Eşzamanlı iletişim araçları ile yapılan sözleşmeleri hazırlar arasında yapılan sözleşmeler gibi kabul etmekte ve

²⁹⁷ Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 304.

²⁹⁸ Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 317.

²⁹⁹ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/44; Hafif, *Ahkamü'l-Muamelati's-Ser'iyye*, 192.

³⁰⁰ Hafif, *Ahkamü'l-Muamelati's-Ser'iyye*, 193-194.

³⁰¹ Hafif, *Ahkamü'l-Muamelati's-Ser'iyye*, 178-179; Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 318.

³⁰² Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 319;322.

sözleşme meclisini eşzamanlılığı sağlayan iletişimin devam ettiği zaman dilimi olarak belirtmektedir. Bu durumda hazırlar arasında uyulması gereken kurallar burada da geçerlidir.³⁰³ Eşzamanlı olmayan iletişim araçlarıyla yapılan sözleşmelerde ise icabın muhataba ulaştığı anda sözleşme meclisinin başladığını ve kabulün gerçekleşmesiyle sona erdiğini belirtmektedir.³⁰⁴ Akıllı sözleşmelerde sözleşme meclisinin tam olarak tespit edilebilmesi için icap ve kabulün gerçekleşme anının tespit edilmesi gerekmektedir.

D. Akıllı Sözleşmelerde İcap ve Kabul

1. İcap

Karşılıklı irade beyanlarından zamansal olarak ilkinde icap (öneri) denmektedir.³⁰⁵ Mecelle’de “*icab, inşa-yı tasarruf için ibtida söylenilen sözdür ki tasarruf anıyla isbat olunur*” şeklinde tanımlanmaktadır.³⁰⁶ Sözleşme serbestisi kapsamında yer alan şekil serbestisinin bir sonucu olarak icabın, sözlü veya yazılı olması gibi, kanunda belirtilen hükümler haricinde, herhangi bir şekle tabi olması gerekmemektedir. Aynı şekilde İslam Hukuku’na göre, iradeyi kesin bir şekilde ifade ettiği sürece, icap herhangi bir şekle bağlı değildir. Dolayısıyla İslam Hukuku’nda ve Türk Hukuku’nda bilgisayar koduyla icapta bulunmak mümkündür.³⁰⁷ İcabın hukuken geçerli olabilmesi için belirli şartları sağlaması gerekmektedir. Bu şartlar sözleşmenin türünün, objektif ve sübjektif esaslı noktalarının belirli olması ve icapta bulunanın icabıyla bağlanma iradesinin bulunmasıdır.³⁰⁸ Akıllı sözleşmeler kod diliyle net bir biçimde yazıldığı için sözleşme türünün ve esaslı noktalarının belirlenmesi zor değildir.

Bağlanma iradesi, beyanda bulunan kişinin sözleşmeyi kurma niyetinde olması, hukuki işlem iradesini nihai olarak ortaya koyması ve aksini gösteren bir

³⁰³ el-Me’âyîru’ş-şer’iyye, 962-963; es-Sadık, el-Ukûdü’z-Zekiyye, 29-30.

³⁰⁴ el-Me’âyîru’ş-şer’iyye, 963; es-Sadık, el-Ukûdü’z-Zekiyye, 31.

³⁰⁵ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/53.

³⁰⁶ *Açıklamalı Mecelle (Mecelle-i Ahkam-ı Adliyye)*, md. 101.

³⁰⁷ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/59; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 134.

³⁰⁸ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 277-278; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/54;59; Cümeylî, *el-Ukûdü’z-Zekiyye Vâkı’uha ve Alâkatüha bi’l-Umlâti’l-İftiraziyye*, 17.

karine olmamasıdır.³⁰⁹ Bir kişinin blokzincir üzerinde esaslı unsurları içeren bir akıllı sözleşme başlatması genellikle o kişinin bağlanma iradesiyle bu işlemi yaptığına işaret eder. Çünkü icapta bulunan kişi, blokzincire kaydedilen akıllı sözleşmeyi değiştirmenin zor olduğunu ve kendisine yöneltilecek kabul yanıtlarını reddetme imkânı olmadığını bilmektedir veya bilmesi gerekir. Akıllı sözleşmelerde bağlanma iradesinin, sözleşme konusu olan malın tüketilebilir olup olmamasına göre farklılık gösterebileceği ifade edilmektedir.³¹⁰ Nitekim akıllı sözleşmeler tek seferlik bir satım sözleşmesi mahiyetinde kurulabileceği gibi icabın otomatik olarak devamlı yinelandığı bir sözleşme de kurulabilir. Yinelenen bir sözleşmede tüketilen malların stok durumu önem arz etmektedir. Nitekim stokta olmayan bir ürünün satımı hususunda satıcının icabıyla bağlı olma iradesi üzerine farklı değerlendirmeler yapılabilir.³¹¹ Aynı şekilde İslam Hukuku'na göre malik olunmayan bir malın satım sözleşmesine konu olması mümkün değildir. Hatta taşınabilir ürünlerin henüz kabzedilmeden satılması İslam alimleri arasında tartışmalıdır. Stokta olmayan bir ürünün satışa çıkarılması İslam Borçlar Hukuku açısından sözleşme müzakeresi, vaad/muvaade ya da istisnâ³¹² kapsamında değerlendirilebilir.

2. Akıllı Sözleşmede İcap ve İcaba Davet Ayrımı

İrade beyanıyla bağlanma iradesinin olmadığı durumlarda yapılan beyan icap değil, icaba davettir. İcaba davet, beyan sahibinin karşı tarafı icapta bulunmaya çağırması olarak tanımlanmaktadır.³¹³ Dolayısıyla ilk yapılan irade beyanı icaba davet olarak kabul edilecek ve karşı tarafın irade beyanı ise icap addedilecektir.³¹⁴ Beyanın içeriğine, beyanın yapıldığı ortam, hal ve şartlara göre icaba davet niyetinin anlaşılabilmesi ifade edilmektedir.³¹⁵ Beyanda bulunan kişi beyanına bağlı kalmamayı belirtirse veya tarife ya da fiyat listesini gönderen kişi karşı taraftan

³⁰⁹ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/54; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 136.

³¹⁰ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 138-139.

³¹¹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 282; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 140.

³¹² *el-Me'âyîru's-şer'îyye*, 297-298.

³¹³ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 279.

³¹⁴ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/54; Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/35.

³¹⁵ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md.8/1; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/54.

gelecek siparişin kabul garantisi olmadığını beyan ederse açık bir şekilde icaba davet; aksi halde icap söz konusudur.³¹⁶

İcap belirli bir veya birkaç kişiye yöneltilebileceği gibi umuma da yöneltilebilir. Umuma yöneltilen icabı “aleni icap” olarak ifade edeceğiz. TBK md.8/2 hükmüne göre “*Fiyatını göstererek mal sergilenmesi veya tarife, fiyat listesi ya da benzerlerinin gönderilmesi, aksi açıkça ve kolaylıkla anlaşılmadıkça öneri sayılır*”. Bu hükümde “fiyat göstererek mal sergilenmesi” ve “tarife, fiyat listesi ya da benzerlerinin gönderilmesi” olmak üzere iki farklı durum bulunmaktadır. İlk durumda; fiyatı belirlenmiş, doğrudan ulaşıp incelenebilen ve teslim alınabilen malların sergilenmesinin icap olarak kabul edilmesinde tartışma bulunmamaktadır.³¹⁷ Ancak bu malların resimlerinin, modellerinin ve diğer özelliklerinin fiyat göstererek, interaktiflik sağlansa bile, internet üzerinden sergilenmesinin “fiyat göstererek mal sergilenmesi” kapsamında yer almadığı belirtilmektedir.³¹⁸ Ayrıca hizmet edimleri mal kapsamına girmediği için yapılan reklam ve benzeri sergilemeler icap niteliği taşımazlar.³¹⁹ Örneğin, otel odası kiralamasına ilişkin yapılan reklam icap olarak kabul edilmez. İkinci durumda, tarife ve fiyat listeleriyle beraber sözleşmenin ödeme koşulları, stok sınırı, ürün özellikleri ve benzeri hususlar da gönderilebilir. Tarife ve fiyat listelerinin internet, televizyon gibi iletişim kanalları ile ilan edilmesinin “gönderme” kapsamına girdiği ifade edilmektedir.³²⁰ Tarife ve fiyat gönderimi, icabın bağlayıcı olmadığını gösteren bir karine bulunmazsa, TBK md.8/2’ye göre açıkça icap kabul edilmektedir.³²¹ Ancak doktrinde bu hüküm bazı şartlarla kayıtlanmaktadır. Zira mal stoku ve hizmet konusu sınırlı olan sözleşmelerde aleni

³¹⁶ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 8/2; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/55; Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/35-36.

³¹⁷ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/56; Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 282; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 141.

³¹⁸ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/56; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 142; Kabul edildiğine dair görüş için bkz. Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 282; İnternet üzerinden dijital mal veya hizmet satımı “bedeli gösterilerek mal sergilenmesine” kıyas edilmektedir. Bkz. Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/57.

³¹⁹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 282; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 142.

³²⁰ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 281.

³²¹ Her iki durumda internet üzerinden yapılan dijital veya dijital olmayan her türlü satım ve hizmet ilanı icaptır. Bkz. Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 281-282; Muzaffer Şeker, “6098 Sayılı Yeni Türk Borçlar Kanunu’na Göre İnternet Üzerinden Sözleşmelerin Kurulması”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 11/22 (2012), 135.

icabın icap sayılabilmesi için bu sınırın belirtilmesi gerektiği,³²² dijital ürün veya hizmet dışında umuma yapılan ilanların icaba davet sayılması³²³ ya da İsviçre Hukuku'nda olduğu gibi güven ilkesine göre somut olayın şartları dikkate alınarak icap veya icaba davet olduğunun değerlendirilmesine³²⁴ dair görüşler de mevcuttur.

İslam Borç Hukuku'nda, umuma yapılan icabın icap veya icaba davet olduğu ile ilgili farklı görüşler mevcuttur. Bir kimsenin sözlü olarak yaptığı aleni icaba kıyasla, fiyatıyla birlikte mal sergilenmesini icap olarak değerlendiren görüş mevcuttur. Bunun yanı sıra aleni icabı, icaba davet olarak kabul edenler olduğu gibi örfün icap veya icaba davet sayılmasında ayırıcı unsur olduğunu belirtenler de vardır.³²⁵ Akıllı sözleşmeler özelinde bakıldığında, İslam Fıkıh Akademisi³²⁶ ve AAOIFI standartlarına³²⁷ atıfla akıllı sözleşmelerdeki icabın aleni icap olduğu belirtilmektedir.³²⁸

Sonuç olarak makale, müzik, kitap veya oyun indirme gibi dijital ürünlerin ilanında yapılan beyanın fikir birliği ile icap kabul edildiği anlaşılmaktadır. Akıllı sözleşmeler, TBK md.8/2 kapsamında yer almaktadır. Ancak ilgili bendin birinci kısmını oluşturan “fiyat göstererek mal sergilenmesi” ifadesinde, müşterinin doğrudan mallara ulaşabilmesi ve inceleyebilmesi gerektiğini söyleyen görüşe göre akıllı sözleşmelerin, hususi olarak, aynı bendin ikinci kısmını oluşturan “tarife, fiyat listesi ya da benzerlerinin gönderilmesi” ifadesine dahil olabileceği belirtilmektedir.³²⁹ Bu bağlamda, akıllı sözleşmeler esaslı unsurlarını içeriyorsa ve

³²² Aksi takdirde akıllı sözleşmenin sadece ilk kabul beyanında bulunan kişiyle geçerli olacağı ve sonraki kabul beyanları için icap niteliği taşımayacağı belirtilmektedir. Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 282.

³²³ Her iki duruma göre internet üzerinden yapılan, dijital ürün ve hizmetler haricindeki, ilanların icaba davet olduğu belirtilmektedir. Web sitesinde müşteri tarafından verilen kabul beyanı aslında icabı teşkil eder. Satıcı tarafından icabın kabul edildiğine dair beyan gelirse ya da doğrudan para tahsil edilirse kabul beyanı gerçekleşir ve sözleşme kurulur. Bkz. Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/57.

³²⁴ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 144; Aziz Erman Bayram, “Güncel Gelişmeler Işığında Elektronik Sözleşmelerin Kurulması”, *TBB Dergisi* 119 (2015), 359.

³²⁵ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbaa*, 1/34-36.

³²⁶ Mecmaü'l-Fıkhi'l-İslâmî ed-Düvelî, *Kararât ve Tavsiyât Mecmaü'l-Fıkhi'l-İslâmî ed-Düvelî*, 169-170.

³²⁷ *el-Me'âyîru's-şer'iyye*, 924.

³²⁸ es-Sadık, *el-Ukûdü'z-Zekîyye*, 27.

³²⁹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 142.

bağlanma iradesinin aksine bir karine bulunmuyorsa yapılan beyanın icap olarak nitelendirilebileceği belirtilmektedir.³³⁰

Akıllı sözleşmelerde sunulabilecek mal ve hizmetlerin mülkiyet devri doğrudan müzik dosyasını indirmek olabileceği gibi NFT (Non-Fungible Token, Kıyemi Jeton) ile patentlenen bir dijital sanat eserinin Token sahipliğinin devredilmesi³³¹ ya da dijital olmayan bir ürünü veya hizmeti temsil eden Utility Token (Hizmet Jetonu) verilmesi³³² şeklinde gerçekleşebilir. Elektronik kitap, müzik dosyası, bilgisayar oyunu gibi doğrudan dijital olarak temin edilen ve tükenmeyen mal ya da mahalli sınırlandırılmayan hizmet üzerine kurulmak istenen akıllı sözleşmelerde yapılan aleni icap, icap kabul edilebilir.³³³ NFT ile patentlenen bir dijital ürünün satımında sözleşmeye konu olan ürünün belirli bir miktar ile sınırlı olduğu sözleşme konusunun kendisinden anlaşıldığı için yapılan aleni icap, icap sayılabilir. Dijital olmayan bir ürünü veya hizmeti temsil eden Utility Token verilen akıllı sözleşmelerde sözleşmenin içeriğine göre, yapılan beyanın icap veya icaba davet olarak belirlenmesi gerektiği ifade edilmektedir.³³⁴ Şayet, ev satımında olabileceği gibi, muhatabın kim olduğu önem taşıyorsa yapılan aleni icap, icaba davet olarak kabul edilebilir. Sözleşme konusunu sınırlı ürün veya hizmet oluşturuyorsa aleni icabın, icap kabul edilebilmesi için bu sınır icapta belirtilebilir. Aksi halde icap değil, icaba davet olarak kabul edilebilir.³³⁵ Aleni icabın hükmünün sözleşmenin içeriğine göre belirlenmesi şu örnek üzerinden izah edilmektedir: Akıllı sözleşme ile belirli tarihteki belirli bir uçuş belirsiz sayıda kişilere teklif edilirse icaba davet söz konusudur. Nitekim, uçağın kapasitesi sınırlıdır. Dolayısıyla uçak bileti bedelinin transfer edilmesi potansiyel yolcunun icabı niteliğindedir. Havayolu

³³⁰ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 145.

³³¹ Benzersiz Jeton ile temsil edilen bir dijital tablo 69 milyon dolara satıldı. Bkz. “Beeple’s Opus”, *Christies* (Erişim 05 Ağustos 2021).

³³² Örneğin, 5300 sayılı Tarım Ürünleri Lisanslı Depoculuk Kanunu’na istinaden çıkarılan “Elektronik Ürün Senetleri (ELÜS)” akıllı sözleşmeler ile verilecek olsa bu elektronik senetleri teslim almak depolarda tutulan tarım ürünlerini teslim alma yerine geçebilir. Kirit, “Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası”, 161.

³³³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 145.

³³⁴ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 146.

³³⁵ Tuğba Erendur, *Elektronik Sözleşmelerde İfa ve Satıcının Elektronik Sözleşmelerdeki ve Diğer Sözleşme Türlerindeki Ayrıntı Sorumluluğu* (İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans, 2019), 12-13; Şahin, “Elektronik Sözleşmelerin Kuruluşuna İlişkin İrade Beyanları ve Bu Beyanların Geri Alınması”, 361.

şirketi da bu icabı Utility Token göndererek kabul eder ve sözleşme kurulur. Uçakta boş yerler bittikten sonra akıllı sözleşme gönderilen bilet bedellerini iade ederek icapları reddeder. Şayet havayolu şirketinin sınırsız sayıda kişiyi taşıma imkânı varsa, örneğin charter uçuş ekleyerek yapılan bütün talepleri karşılayabilecekse, akıllı sözleşmede yapılan aleni icap, icap sayılabilir.³³⁶

Dijital olmayan ürün ve hizmeti temsil eden Utility Token'den bahsetmişken İslam Borçlar Hukuku'nda kabz meselesine değinmek istiyoruz. Kabz, genel anlamda, hak sahibinin dilediği şekilde tasarrufta bulunabileceği ve üçüncü kişilere bu hak sahipliğini ileri sürebilecek şekilde kabzedilen şey üzerinde yetki sahibi olması veya kabzedilecek şeyin, üçüncü kişilerin hakkı ve herhangi bir engel bulunmaksızın hak sahibinin ulaşabileceği duruma getirilmesidir.³³⁷ Kabzın bir diğer tarafında ise örfün etkisine vurgu yapılmaktadır.³³⁸ Kabz fiilî ve hükmî kabz olarak ikiye ayrılmaktadır.³³⁹ Dijital olmayan ürünü veya hizmete konu olan eşyayı dijital olarak temsil eden token'ın veya başka bir dijital birimin akıllı sözleşme sonucu hak sahibine teslim edilmesi hükmi kabz kapsamında değerlendirilmektedir.³⁴⁰ Ayrıca, ileride bahsedileceği üzere, akıllı sözleşmeler üzerinden gerçekleştirilebilecek bir tapu tescili de hükmî kabz mahiyetindedir.³⁴¹ Örneğin, 5300 sayılı Tarım Ürünleri Lisanslı Depoculuk Kanunu'na istinaden çıkarılan “Elektronik Ürün Senetleri (ELÜS)” akıllı sözleşmeler ile verilecek olsa bu elektronik senetleri teslim almak depolarda tutulan tarım ürünlerini kabzetme yerine geçebilir. İslam Hukuku'nda akdin konusunda gözetilen ve İslam alimleri arasında tartışmalı olan şartların akıllı sözleşmelerle daha kolay tespit edilebileceği kanaatindeyiz. Zira, dijital olmayan ürünlerin dijital olarak temsili sağlanırken İslam Hukuku'nda sözleşme konusunda gerekli görülen mal olma, mütekavvim olma, mevcut olma, mülkiyette bulunma, teslim edilebilir olma ve malum olma şartları denetlenebilir.³⁴²

³³⁶ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 146.

³³⁷ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/384-385.

³³⁸ *el-Me'âyîru's-şer'iyye*, 497; es-Sadık, *el-Ukûdü'z-Zekiyye*, 42.

³³⁹ es-Sadık, *el-Ukûdü'z-Zekiyye*, 43.

³⁴⁰ *el-Me'âyîru's-şer'iyye*, md. 18/3/5); Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/398; es-Sadık, *el-Ukûdü'z-Zekiyye*, 43.

³⁴¹ *el-Me'âyîru's-şer'iyye*, md. 18/3(4).

³⁴² *Açıklamalı Mecelle (Mecelle-i Ahkam-ı Adliyye)*, md. 197-200; Cümeylî, *el-Ukûdü'z-Zekiyye Vâkı'uha ve Alâkatüha bi'l-Umlâti'l-İftiraziyye*, 22.

Değnilmesi gereken bir başka konu ise akıllı sözleşmelerin bir web sitesi, elektronik posta, televizyon gibi iletişim yollarıyla ilan edilmesi veya reklamının yapılmasıdır. Bu hususta, yapılan ilan veya reklam duruma göre icap veya icaba davet olarak kabul edilebilir.³⁴³

3. İcabın Sona Ermesi

İcabın sona ermesi, bağlayıcılığının sona ermesiyle veya icaptan dönmeyle gerçekleşir.³⁴⁴ İcabın bağlayıcılığının sona ermesi icabın reddedilmesi ile gerçekleşebilir. Muhatap, yapılan icabı doğrudan reddedebilir veya icabın içeriğini genişletmek, daraltmak veya değiştirmek suretiyle reddedebilir. Ayrıca sükûnun kabul sayılmadığı yerlerde de sükût etmek zımni ret olarak kabul edilir.³⁴⁵

İcabın süreli veya süresiz olması, bağlayıcılığının sona ermesinde dikkate alınmaktadır. Süresiz önerilerde de sözleşmenin hazırlar arasında olup olmasının hükmü farklılaşmaktadır. İcabı yapan taraf bağlılık süresi açıkça belirtilmişse buna süreli icap denir ve süre dolduktan sonra karşı tarafa ulaşan kabul beyanıyla sözleşme kurulamaz.³⁴⁶ Süreli icapta süre sonuna kadar ilke olarak icaptan dönülemez³⁴⁷ ancak süre belirtilirken süre içerisinde icaptan dönme hakkı saklı tutulabilir.³⁴⁸ Daha sonradan süre uzatılabilir ancak kısaltılamaz.³⁴⁹ Süresiz icap hazırlar arasında ve hazır olmayanlar arasında olmak üzere ikiye ayrılır. Hazır olanlar arasında yapılan irade beyanları “Kabul için süre belirlenmeksizin hazır olan bir kişiye yapılan öneri hemen kabul edilmezse; öneren, önerisiyle bağlılıktan kurtulur.” ifadesiyle TBK md.4’te düzenlenmektedir. Doğrudan iletişim imkânı sağlayan araçlarla yapılan beyanlarda hazırlar arasında yapılmış kabul edilmektedir.³⁵⁰ “İcabın hemen kabul edilmesi” gerekliliğiyle, tarafların doğrudan

³⁴³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 146.

³⁴⁴ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/60,62; Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 283,287; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 148.

³⁴⁵ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 287-288; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/62-63.

³⁴⁶ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 283.

³⁴⁷ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 3; Mecmaü'l-Fıkhi'l-İslâmî ed-Düvelî, *Kararât ve Tavsiyât Mecmaü'l-Fıkhi'l-İslâmî ed-Düvelî*, md. 52(6/3).

³⁴⁸ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 284.

³⁴⁹ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/63.

³⁵⁰ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 4/2.

doğruya temasının veya iletişiminin kesilmediği süre kastedilmektedir.³⁵¹ Hazır olmayanlar arasında yapılan icabın bağlayıcılığı TBK md.5'e göre "...zamanında ve usulüne uygun olarak gönderilmiş bir yanıtın ulaşmasının beklenebileceği ana kadar" devam etmektedir. Bu durumda icabın bağlayıcılığında icabın muhataba varması için geçecek süre, icabın ve taraflar arasındaki ilişkinin niteliğine göre düşünme süresi ve kabul haberinin normal bir araçla zamanında varma süresi dikkate alınmaktadır.³⁵²

Off-chain akıllı sözleşmelerde taraflar hazır olsa da olmasa da icabın bağlayıcılığı geleneksel sözleşmelerden farklılaşmamaktadır. On-chain akıllı sözleşmelerde ise icap süreyle kayıtlanmışsa, aleni icap belirli sayıda kabul beyanı ile sınırlandırılmışsa ve icaptan dönme hakkı saklı tutulmak istenmişse bu kayıtların hepsinin sözleşme kodlanırken yazılması gerekmektedir. Zira akıllı sözleşme kodu blokzincirde yerini aldıktan sonra ilke olarak değişmemektedir. Böylelikle on-chain akıllı sözleşmelerde icap, özellikle aleni icap, süre veya muhatap sayısı ile sınırlandırılmazsa akıllı sözleşme blokzincir üzerinde aktif olarak çalıştığı sürece kabul beyanında bulunan herkesle sözleşme kurulması gerekebilir.³⁵³

İcabın ortadan kaldırılabilmesi diğer bir durum da icaptan dönmedir. TBK md.10'da "*Geri alma açıklaması, diğer tarafa öneriden önce veya aynı anda ulaşmış ya da daha sonra ulaşmakla birlikte diğer tarafça öneriden önce öğrenilmiş olursa, öneri yapılmamış sayılır. Bu kural, kabulün geri alınmasında da uygulanır.*" hükmüyle icap ve kabulden dönme hususu düzenlenmektedir. Dönmeyi ifade eden beyan, icap veya kabulden önce ulaşırsa muhatap tarafından dönme beyanının öğrenilmesi değil, muhataba "varma vakti" esas alınmaktadır. Şayet dönme beyanı sonra ulaşmakla birlikte icap veya kabulden önce muhatap tarafından öğrenilirse "öğrenme vakti" esas alınmaktadır.³⁵⁴

Akıllı sözleşmeler kodlandıktan sonra blokzincire kayıt sürecine girmektedir. Mutabakat protokolleri sağlanması sonucunda ise bir blok içinde blokzincire

³⁵¹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 285; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/65.

³⁵² Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 286; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/65-66.

³⁵³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 149.

³⁵⁴ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 293.

eklenmektedir. En başta akıllı sözleşme koduna icaptan geri dönebilme şartı yazılırsa ve belirli bir şahsa yöneltilirse TBK md.10 hükümleri aynen uygulanabilir.³⁵⁵ Kodlanmış bir sözleşmenin içeriği, doğrudan blokzincir platformundaki kullanıcılara, web sitesi ya da e-posta aracılığıyla umuma yapılırsa; öğrenme anının tespiti mümkünse öğrenme anına kadar, değilse kabul beyanının gönderilme anına kadar icaptan dönmek kanaatimizce uygun görünmektedir. Nitekim, umuma yapılan icaplarda varma, ilanın yapıldığı tarih itibarıyla potansiyel olarak gerçekleşmektedir. İcabın belirsiz kişilerce öğrenilme anının tespiti ise zor olabilir. Dolayısıyla icaba karşılık olarak yapılan kabul beyanının gönderilme anı dikkate alınabilir.³⁵⁶

Akıllı sözleşmede kabul beyanı, icabın bulunduğu bloktan ayrı bir blok içinde yer almaktadır. Bu durumda, kabul beyanının bulunduğu blok, blokzincire eklenirken aynı anda iki bloğun zincire eklenmesi veya çatallaşma oluşması ihtimaline binaen zincire eklenen bloğun üzerine on iki blok eklenmesi gerektiği ifade edilmektedir. Ethereum altyapısında on iki blok eklenmesi üç dakikaya tekabül etmektedir. Sonuç olarak kabul beyanını içeren blok, blokzincire eklenmiş olsa bile üç dakika geçip işlem kesinleşene kadar kabul beyanının geri alınabileceği belirtilmektedir.³⁵⁷

4. Kabul

Yapılan bir icaba uygun olarak sözleşmenin meydana gelmesini kesin bir şekilde ifade eden ve icap sahibine yöneltilen irade beyanına “kabul” denmektedir.³⁵⁸ Mecelle’de kabul, “İnşa-yı tasarruf için sâniyen söylenilen sözdür ki anınla akid tamam olur.” şeklinde tanımlanmaktadır.³⁵⁹ Kabul beyanı, yan noktalara uymamasına rağmen icapta yer alan esaslı noktalarla uyuşursa TBK md.2/1’e göre sözleşme kurulmuş sayılır.³⁶⁰ Kabul beyanı açık veya örtülü olarak yapılabilir. Açık kabul, yoruma ve tereddüde yer vermeyecek şekilde açık beyan ile yapılır. Örtülü kabul ise

³⁵⁵ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 159.

³⁵⁶ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 5; Mesut Serdar Çekin, “Borçlar Hukuku ile Veri Koruma Hukuku Açısından Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler: Hukuk Düzenimizde Bir Paradigma Değişimine Gerek Var mı? -”, *İstanbul Hukuk Mecmuası* 77/1 (Ocak 2019), 326.

³⁵⁷ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 160.

³⁵⁸ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/68; Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 288.

³⁵⁹ *Açıklamalı Mecelle (Mecelle-i Ahkam-ı Adliyye)*, md. 102.

³⁶⁰ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 288.

teâtî³⁶¹ gibi kabul iradesini gösteren aktif bir fiil veya susma gibi pasif bir fiil ile yapılır.³⁶² Kanun hükmüne göre veya dürüstlük kuralına göre cevap vermek zorunda olduğu cevap vermeyen kimsenin susması kabul kapsamında değerlendirilmektedir.³⁶³

Akıllı sözleşmelerde kabul beyanı icabın bulunduğu bloktan ayrı bir blok içinde yer almaktadır. Zira, Ethereum platformuna yüklenecek olan bir akıllı sözleşme “işlem (transaction)” olarak değerlendirilmekte ve akıllı sözleşmenin çalışabilmesi için mutabakat sürecinden geçip blokzincire eklenmesi gerektiği belirtilmektedir.³⁶⁴ Dolayısıyla icap niteliği taşıyan bir akıllı sözleşmeye yapılacak kabul beyanları daha sonra gelen başka bir blokta yer alacaktır.

Akıllı sözleşmelerde kabul beyanı örtülü bir şekilde yapılabilir. İcap niteliği taşıyan kodlanmış bir akıllı sözleşme şartlarının yerine getirilmesiyle aktif irade fiili yoluyla örtülü olarak kabul beyanının gerçekleşebileceği belirtilmektedir. Bu irade fiili çoğunlukla icapta belirtilen bedelin ödenmesiyle olur. Ayrıca icap niteliği taşıyan kodlanmış bir akıllı sözleşmeyi, muhatabın kriptografik şifrelemede kullanılan özel anahtarı ile imzalaması yoluyla açık bir şekilde kabul beyanının yapılabileceği görüşü ileri sürülmektedir.³⁶⁵

E. Akıllı Sözleşmenin Kurulduğu An

Borçlar Hukuku’nda sözleşmenin kurulma anının tespiti için farklı teoriler ortaya konmuştur. Bu teoriler “gönderme teorisi”, “varma teorisi” ve “öğrenme teorisi” olarak ifade edilmektedir.³⁶⁶ Gönderme teorisi, gönderen kişinin iradesini iletişim aracıyla dış dünyaya açıkladığı an olarak; varma teorisi, beyan alıcısının

³⁶¹ Ürün otomatları teati yoluyla yapılan irade beyanlarına örnek olarak verilmektedir. Cümevli, *el-Ukûdü’z-Zekiyye Vâkı’uha ve Alâkatüha bi’l-Umlâti’l-İftiraziyye*, 29.

³⁶² Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 289; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/70.

³⁶³ "Kendisine bir işin görülmesi önerilen kişi, bu işi görme konusunda resmi sifata sahipse veya işin yapılması mesleğinin gereği ise ya da bu gibi işleri kabul edeceğini duyurmuşsa, bu öneri onun tarafından hemen reddedilmedikçe, vekalet sözleşmesi kurulmuş sayılır." Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 503; Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 290.

³⁶⁴ Basit bir akıllı sözleşme örneği oluşturmak içi kaleme alınan yazının 16. Maddesine bkz. Doğantekin, “15 Dakikada İlk Akıllı Sözleşmemizi Yazalım”.

³⁶⁵ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 150-151; Kun, “Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions”, 148.

³⁶⁶ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 295.

hakimiyet alanına, yani potansiyel olarak haberdar olabileceği duruma, beyanın ulaştığı an olarak; öğrenme teorisi ise beyan alıcısının irade beyanını fiilen öğrendiği an olarak tanımlanmaktadır.³⁶⁷

Türk Borçlar Kanunu'na göre sözleşmenin kurulma anı ve hükümlerini doğurması, kabul beyanının hazır bulunan veya hazır bulunmayan icap sahibine yöneltilmesine göre farklılık göstermektedir.³⁶⁸ Sözleşme hazırlar arasında yapılıyorsa kabul iradesi beyan edildiği anda sözleşme kurulmakta ve beraberinde hükümlerini doğurmaktadır. Sözleşme hazır olmayanlar arasında gerçekleşiyorsa TBK md.5/1³⁶⁹ ve md.11³⁷⁰ uyarınca, icapta bulunanın hakimiyet alanına kabulün ulaştığı an sözleşme kurulmakta; kabul beyanının gönderildiği andan itibaren geriye etkili olarak hükümlerini doğurmaktadır. Kabul, icap sahibine ulaşmazsa sözleşme batıl kabul edilmekte, icap sahibine ulaşması durumunda ise kabulün gönderildiği ana istinat ederek hükümlerini doğurmaktadır.³⁷¹ Sözleşmenin kurulma ve hükümlerini doğurma anındaki bu farklılığın sözleşmenin hükümlerini doğurduğu tarihin tespitinde kolaylık sağlamak ve sözleşmeyi korumaktan kaynaklandığı ifade edilmektedir.³⁷² Örneğin, elektronik posta aracılığı ile yapılan kabul beyanında elektronik postanın muhatabın ara yüzünde görüntülenme imkanı oluşmasıyla sözleşme kurulmakta; hükümleri ise elektronik postanın gönderildiği andan itibaren yürürlüğe girmektedir. Bu durumda, elektronik postanın gönderildiği ispatlanabilir haldeyken internet ya da sunucu probleminden dolayı muhataba ulaşmazsa sözleşme kurulmamış ve hükümlerini doğurmamış sayılmaktadır. Şayet geç ulaşırsa sözleşme muhataba varma anında kurulmuş ancak hükümlerinin geriye yönelik olarak elektronik postanın gönderme anından itibaren yürürlüğe girdiği kabul edilmektedir.

³⁶⁷ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 295; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 153,155; es-Sadık, *el-Ukûdü'z-Zekîyye*, 31.

³⁶⁸ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/77; Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 296.

³⁶⁹ “Kabul için süre belirlenmeksizin hazır olmayan bir kişiye yapılan öneri, zamanında ve usulüne uygun olarak gönderilmiş bir yanıtın ulaşmasının beklenebileceği ana kadar, önereni bağlar.” Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 5/1.

³⁷⁰ “Hazır olmayanlar arasında kurulan sözleşmeler, kabulün gönderildiği andan başlayarak hüküm doğurur. Açık bir kabulün gerekli olmadığı durumlarda, sözleşme önerinin ulaşma anından başlayarak hüküm doğurur.” Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 11.

³⁷¹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 296-297; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/78.

³⁷² Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 297.

Doktrinde, varma teorisinin tüccar olanlar ve olmayanlar açısından farklı değerlendirilmesi gerektiğine dair görüş de yer almaktadır. Bu görüşe göre, beyan alıcısı tüccar ise varma teorisinin, değilse öğrenme teorisinin hakkaniyete uygun olacağı savunulmaktadır.³⁷³ İslam Fıkıh Akademisi, hazır olmayanlar arasındaki sözleşmede icabın varmasını ve sözleşmenin kurulması için kabulün varmasını esas almaktadır.³⁷⁴ Hazır olmayanlar arasında kurulmak istenen sözleşmede kabul beyanın icap sahibi tarafından bilinip bilinmemesinin gerekliliğine genel olarak klasik eserlerde değinilmemektedir. Klasik eserlerde icap sahibinin öğrenmesi şart olmaksızın kabul beyanının sadır olmasıyla sözleşmenin kurulacağı ifade edilmektedir.³⁷⁵ Konuyla ilgili çağdaş İslam alimlerinin görüşlerini aktaran Dönmez; Senhuri, Mahmesani, Düreyni, Karadağı ve M. Akle İbrahim'den kabul beyanının icap sahibi tarafından bilinmesi şart koşulmaksızın sadır olmasıyla sözleşmenin kurulduğunu aktarmaktadır.³⁷⁶ Dönmez, kabul beyanının yapıldığı anın ispatında zorluk, kabul beyanı ile akit kurulmasına rağmen beyanın icap sahibine gönderilmemesinin meydana getireceği problemler sebebiyle açıklama teorisini eleştirmektedir. Dönmez, kabul beyanında rücu için daha uygun bir süre tanınması; kabul beyanının yolda kaybolması halinde akdin doğmasına imkân vermeyerek ihtilafların azaltılması; Senhuri'nin ileri sürdüğü icap sahibi için en lehte olan çözümün kabule muttali olma imkânı gerekçesini dikkate alarak; hukukçuların büyük çoğunluğunun tavrını temsil eden Viyana Sözleşmesi'nin de kabul ettiği varma teorisini tercih etmektedir. Bununla birlikte Dönmez, karma teorisinin diğer teorilerdeki mahsurları giderdiği ve tarafların menfaatlerine daha uygun olacağını belirtmekte ancak irade beyanı ile hükümlerin meydana gelmesi arasında zaman birliği bulunmaması, sebebin müsebbebinden önce gelmesi gibi itirazların

³⁷³ Erendur, *Elektronik Sözleşmelerde İfa ve Satıcının Elektronik Sözleşmelerdeki ve Diğer Sözleşme Türlerindeki Ayıptan Sorumluluğu*, 18,20.

³⁷⁴ Mecmaü'l-Fıkhi'l-İslâmî ed-Düvelî, *Kararât ve Tavsiyât Mecmaü'l-Fıkhi'l-İslâmî ed-Düvelî*, md. 52(6/3); es-Sadık, *el-Ukûdü'z-Zekiyye*, 31; Cümeyle, *el-Ukûdü'z-Zekiyye Vâkı'uha ve Alâkatüha bi'l-Umlâti'l-İftiraziyye*, 19; et-Talib, *el-Umlâtu'r-Rakmiyye ve Alâkatüha bi'l-Ukûdi'z-Zekiyye*, 49.

³⁷⁵ Alaeddin el-Kasani, *Bedâiu's-Sanâ'* (al-Maktaba eş-Şamile, ts.), 5/138; Ekmeleddin el-Baberti, *el-İnaye fi Şerhi'l-Hidaye* (al-Maktaba eş-Şamile, ts.), 6/254; Muhammed Emin İbn Abidin, *Reddü'l-Muhtar* (al-Maktaba eş-Şamile, ts.), 4/512.

³⁷⁶ Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 331-334.

gelebileceğini belirtmektedir. Sebebin tekaddümü itirazına karşı İslam Hukuku'nda bu şekilde benzer ve kabul edilen durumların olduğuna dikkat çekmektedir.³⁷⁷

Akıllı sözleşmelerde, genel olarak, icap veya kabul iradeleri beyan edilirken taraflar interaktif biçimde beraber olmadıkları için hazır olmayanlar arasında kurulan sözleşmeye ilişkin hükümlerin geçerli olması gerektiği belirtilmektedir.³⁷⁸ Ancak akıllı sözleşmelerin yaygınlaşmasıyla küçük işletmelerde veya bireyler arasında yapılan işlemlerde akıllı sözleşme kullanımı söz konusu olabilir. Böylelikle akıllı sözleşmelerin hazırlar arasında kurulabileceğine dikkat çekmek gerekmektedir.

Akıllı sözleşmelerin Ethereum altyapısı özelindeki bazı teknik özelliklerini hatırlamak sözleşmenin kuruluş anını tespit için faydalı olacaktır. Ethereum altyapısına uygun bir dille kodlanan akıllı sözleşmeler Ethereum sanal makinesine yüklendikten sonra mutabakat sağlanması için Ethereum kullanıcılarının ulaşabileceği şekilde işlem havuzunda toplanmaktadır. Akıllı sözleşmenin blokzincirdeki düğümlere dağıtılması madencilik yapacak düğümlere yönelik bir icap olarak kabul edilemez. Zira hususi olarak sözleşme içeriği beyan edilmek istenmediği sürece, mutabakatı gerçekleştirecek düğümler sözleşmenin içeriğini görememektedirler. Nitekim kriptografik şifreleme ile verilerin içeriğinin bilinmemesi için veri gizliliği; verilerin işlem sürecinde değişmediğinden emin olmak için veri güvenliği ve verilerin gerçekten işlemi yapan kişiye ait olduğunu teyit etmek için veri sahipliğinin ispatı amaçlanmaktadır. Mutabakat süreci tamamlanıp akıllı sözleşme bloka eklendikten sonra kendisine komut gelmesi beklenmektedir.

Öncelikle hazır olmayan kimseler arasında kurulan akıllı sözleşmeyi inceleyeceğiz. Akıllı sözleşmeler programlama diliyle yazıldıkları için yapılan icabın şekil şartına bağlı olduğu ifade edilmektedir. Dolayısıyla kabulün bu şekil şartına uygun beyan edilmesi gerekmektedir.³⁷⁹ Akıllı sözleşme, icap sahibinin dijital imzası neticesinde çalıştırılmak üzere Ethereum Sanal Makinesine aktarılmakta ve bloka eklenmek üzere işlem havuzunda yerini almaktadır. Akıllı sözleşmelerde icap, içerik

³⁷⁷ Dönmez, *Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri*, 342-346.

³⁷⁸ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 152.

³⁷⁹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 150.

gizli tutulmak istenmeyip, akıllı sözleşmenin çalıştırıldığı platform kullanıcılarının geneline, belirli bir kişiye veya internet aracılığıyla umuma yöneltilebilir.³⁸⁰

İlk durumda akıllı sözleşmenin dijital imza ile onaylandığı an icap gerçekleştiği düşünülebilir.³⁸¹ Nitekim, içeriği ile birlikte sözleşme, blokzincire değil, işlem havuzuna eklendiği an icap muhatapların hakimiyet alanına varmıştır. Ancak, bu durumda, dijital imzayla veya sözleşme şartlarından birini yerine getirmekle akıllı sözleşmelerin kabul beyanına elverişli olabilmesi için öncelikle blokzincire eklenmesi gerekmektedir.³⁸² Dolayısıyla blok henüz işlem havuzundayken ve blokzincire eklenmemişken kabul beyanında bulunulması mümkün değildir. Ayrıca işlem havuzunda toplanan işlemlere zaman damgası verilmemiştir ve havuzda kalıcı değildirler. Diğer bir ihtimalde, akıllı sözleşmenin bloka eklendiği an icabın gerçekleştiği düşünülebilir ancak bu durumda eklenen bloğun ana zincire eklenmemiş olma ve çatallaşma ihtimali mevcuttur. Sonuç olarak, ilk durumda akıllı sözleşme bloka eklenip çatallaşma ihtimali ortadan kalktığı an icabın gerçekleştiği kanaatindeyiz.

İkinci durumda, akıllı sözleşme kodu yazılmadan önce taraflar sözleşmenin içeriğini müzakere edebilirler. Bu durumda, sözleşmeyi akıllı sözleşme olarak kuracaklarına dair geleneksel mahiyette bir ön sözleşme kurabilirler.³⁸³ Bir diğer ihtimalde akıllı sözleşme müzakere edilmeden iltihakî sözleşme olarak kurulabilir.³⁸⁴ Teknik olarak bakıldığında, akıllı sözleşme kodunun içeriği gizli olacak şekilde platform kullanıcılarına dağıtılır ve mutabakat sürecinden geçtikten sonra blokzincire eklenir. Sonrasında sözleşmeyi temsil eden bir hesap numarası oluşur. Sözleşmeyi yazan kişi sözleşmenin içeriğiyle birlikte hesap numarasını muhatabına aktarır. Sonuç olarak her iki ihtimalde de icabın, bloğun blokzincire eklenmesi ya da çatallaşma ihtimalinin kalkmasıyla değil; esaslı unsurları belirten sözleşme içeriğinin

³⁸⁰ Kirkit, “Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası”, 153.

³⁸¹ Çekin, “Borçlar Hukuku ile Veri Koruma Hukuku Açısından Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler: Hukuk Düzenimizde Bir Paradigma Değişimine Gerek Var mı? -”, 326.

³⁸² Akıllı satış sözleşmesi düşünüldüğünde, satış bedelini akıllı sözleşme hesabına göndermekle kabul beyanı gönderilebileceği gibi, yazılı kabul beyanı mahiyetinde akıllı sözleşme yazılıp bu akıllı sözleşmeyle akıllı satış sözleşmesi tetiklenebilir.

³⁸³ Çubukçu, *Teknik ve Hukuki Yönleriyle Akıllı Sözleşmeler*, 66.

³⁸⁴ Kirkit, “Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası”, 155; İltihaki sözleşmeler ile genel işlem şartları arasındaki benzerlikler ve farklılıklar ile ilgili bkz. Sevsevil, *Elektronik Sözleşmelerin Kuruluş Aşamasında Tüketicinin Korunması*, 9-10.

hazır olan kimseye beyan edilmesiyle ya da internet, sms, e- posta ve benzeri iletişim araçlarıyla iletilip muhatabın hakimiyet alanına varmasıyla gerçekleştiği kanaatindeyiz. Zira, sözleşmeyi kuracak olan icabın içeriği blokun eklenmesiyle muhatap tarafından henüz bilinmemektedir. Ancak hazırlar arasında doğrudan akıllı sözleşme kurulacaksa muhatap sözleşme kodunun yazımı esnasında sözleşme içeriğinden haberdar olmaktadır. Dolayısıyla ilgili akıllı sözleşmeyi içeren blokun blokzincire eklendikten sonra çatallaşma ihtimalinin ortadan kalktığı an icabın gerçekleştiği kanaatindeyiz.

Üçüncü durumda, akıllı sözleşme kodu blokzincire eklendikten sonra sözleşme içeriği web sitesi veya elektronik posta aracılığı ile belirsiz birçok kişiye yönlendirilebilir.³⁸⁵ Web sitesinde içeriğiyle birlikte hesap numarası belirtilen bir akıllı sözleşmenin ilan edilmesiyle icabın gerçekleştiği kabul edilmektedir.³⁸⁶

Türk Borçlar Kanunu'na göre sözleşmenin kurulma anının, kabul beyanının varma anı; hükümlerinin yürürlüğe girme anının ise kabul beyanının gönderilme anı olduğundan bahsetmiştik. Akıllı sözleşmelerde kabulün varma anının ne zaman gerçekleştiği ile ilgili doktrinde farklı görüşler olduğu dile getirilmektedir.³⁸⁷

İlk görüşe göre, akıllı sözleşmedeki icaba muhatap olan tarafın akıllı sözleşme ifasının gerçekleşmesi için işlem yapmasıyla kabul iradesinin beyan edildiği ve sözleşmenin kurulduğu belirtilmektedir. Örneğin, akıllı sözleşme ile menkul satış işleminde belirtilen bedelin sözleşme hesabına gönderilmesi neticesinde akıllı sözleşme kurulabilir. Bu görüşte, akıllı sözleşme koduna komut gönderildikten sonra değişiklik yapılamayacağı ve tartışmaya sebep olmayacak bir süre sonra bedelin ulaşıp sözleşmenin edimlerini yerine getireceği savunulmaktadır. İcabın muhatabı tarafından gerçekleştirilen işlemin (kabul beyanının) blokzincire ekleneceği kesin olmadığı için bu görüş eleştirilmiştir.³⁸⁸ Zira, kabul beyanının, icap niteliği taşıyan akıllı sözleşme kodundan ayrı bir bloka eklendiğini daha önce ifade etmiştik.

³⁸⁵ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 82.

³⁸⁶ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 282; Sevsevil, *Elektronik Sözleşmelerin Kuruluş Aşamasında Tüketicinin Korunması*, 49-50; Şahin, "Elektronik Sözleşmelerin Kuruluşuna İlişkin İrade Beyanları ve Bu Beyanların Geri Alınması", 360.

³⁸⁷ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 156.

³⁸⁸ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 156-157.

İkinci görüşe göre, kabul beyanı mahiyetindeki işlemi içeren blok, blokzincire eklendiği anda kabul beyanının vardığı ve akıllı sözleşmenin kurulduğu ifade edilmektedir. Aksoy, ikinci görüşü kabul etmektedir. Zira, blok, blokzincire eklendiğinde herkes tarafından görülebilir şekilde zaman damgası ile damgalandığından kabul beyanının yapılma anının objektif olarak tespit edilebileceğini; satış bedelinin, satıcının akıllı sözleşme hesabına ulaşacağını belirtmektedir. Bu görüşe, sert çatallaşma ihtimali sebebiyle itiraz edilmektedir.³⁸⁹ Kabul beyanını içeren blok, blokzincirdeki en uzun ve ana zincirde yerini alamazsa bloğun içindeki işlemler yeniden mutabakat protokolünden geçmek üzere işlem havuzuna aktarılmaktadır. Bu durumda ise satıcının hesabına ulaşan bedel müşterinin hesabına geri aktarılmaktadır.

Üçüncü görüşe göre, kabul beyanını içeren blok mutabakat sürecinden geçip blokzincire eklendikten sonra çatallaşma ihtimalinin ortadan kalkmasıyla kabul beyanının muhataba vardığı ve sözleşmenin kurulduğu ifade edilmektedir. İcap ve kabul sürecinde hiçbir tereddüt ve geri dönme olmayacak şekilde akıllı sözleşme işleminin kesinlik kazanması gerektiği savunulmaktadır. Çatallaşma ihtimali ortadan kalkıncaya kadar, bloktaki işlemin askıda hükümsüz olacağını belirten farklı bir görüş de dile getirilmektedir.³⁹⁰

Yukarıdaki anlatımdan anlaşılacağı üzere akıllı sözleşmelerde sözleşme taraflarının dışında üçüncü şahısların sözleşmenin inikadında önemli etkileri bulunmaktadır. Bu durumu günümüzdeki kanuni şekil şartı olan tapu tesciline benzetebiliriz. Nitekim akar satımı için tescil şartının ileri sürülmesi sözleşmelerin mülaimi olan bir şartın koşulması kapsamında değerlendirilebilir. Zira, sözleşmelerin mülaimi olarak kefil veya rehin şartı koşulması nasıl ki akdi güvence altına almayı amaçlıyorsa akar satımında tescil şartı da aynı amaç doğrultusunda değerlendirilebilir.³⁹¹ Akıllı sözleşmelerde de madencilerin ve doğrulayıcıların sözleşmenin inikadında etkisi olduğu söylenebilir.

³⁸⁹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 157-158.

³⁹⁰ Çekin, “Borçlar Hukuku ile Veri Koruma Hukuku Açısından Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler: Hukuk Düzenimizde Bir Paradigma Değişimine Gerek Var Mı? -”, 326; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 158.

³⁹¹ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbaa*, 1/474.

Kanaatimizce, kabul beyanını içeren blok, blokzincire eklenip çatallaşma ihtimali ortadan kalktığı an sözleşme kurulmakta ve hüküm blokun eklendiği ana istinat etmektedir. Türk Borçlar Hukuku'nun kabul ettiği karma teori akıllı sözleşmelere şu şekilde uyarlanabilir. Çatallaşma ihtimalinin ortadan kalkmasıyla sözleşme kurulmakta ancak hükümleri kabul beyanını içeren blokun blokzincire eklendiği andan itibaren başlamaktadır. Bu görüş Hanefi mezhebinin “sonradan verilen icazet önceden verilmiş vekalet gibidir” genel kuralı ile temellendirilebilir. Nitekim bu genel kurala göre sözleşme sonradan verilen izin ile inikad etmekte ancak hükümlerini geriye istinat ederek doğurmaktadır.³⁹² Akıllı sözleşmede de madencilerin en uzun blokzinciri tespit etmesiyle çatallaşma ihtimali ortadan kalkmakta ve daha önceden zincire ekledikleri bloklarda yer alan kabul beyanları itibariyle sözleşme hükmünü doğurmaktadır. Ethereum'un mevcut durumunda çatallaşma ihtimalinin kesin olarak ortadan kalkması için kabul beyanını içeren bloğun üzerine on iki blok eklenmesi gerektiği belirtilmektedir.³⁹³ Ancak Ethereum blokzincirinde çatallaşan blokların listesine bakıldığında, çatallaşan blokların bir ila üç bloktan fazla olmadığı görülmektedir.³⁹⁴ Her bir bloğun ortalama 15 saniyede ve en geç 19 saniyede blokzincire eklenmesi sebebiyle akıllı sözleşmenin kurulması en geç 3 dakika 48 saniye sonra gerçekleşecektir. Sert çatallaşma ihtimali çok düşük de olsa, yumuşak çatallaşma ihtimali veya aynı anda farklı iki bloğun blokzincire eklenme ihtimali dikkate alınmalıdır.³⁹⁵

IV. Sözleşmenin Tarafları

A. Genel olarak

Sözleşmelerin kurulmasında, TBK md.1'de geçen “tarafların irade beyanı” ifadesinden de anlaşılacağı üzere en az iki irade beyanı gerekmektedir. O halde, çift

³⁹² Alaeddin el-Kasani, *Bedâiu's-Sanâ'* (al-Maktaba eş-Şamile, ts.), 4/177; el-Kasani, *Bedâiu's-Sanâ'*, ts., 5/151; el-Kasani, *Bedâiu's-Sanâ'*, ts., 5/201; el-Kasani, *Bedâiu's-Sanâ'*, ts., 5/227; Muhammed Emin İbn Abidin, *Reddü'l-Muhtar* (al-Maktaba eş-Şamile, ts.), 5/111; İbn Abidin, *Reddü'l-Muhtar*, ts., 5/114; İbn Abidin, *Reddü'l-Muhtar*, ts., 5/264.

³⁹³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 160.

³⁹⁴ “Forked Blocks”.

³⁹⁵ Usta - Doğanekin, *Blockchain 101*, 127.

temsil³⁹⁶ durumu hariç, sözleşmelerde iki tarafın bulunması gerekmektedir. Taraf, *“bir sözleşmeyi yapmaya katılan, dolayısıyla sözleşmenin hukuki sonuçlarını kendi hakimiyet alanlarında gerçekleştirip, bundan etkilenen kişiler”* olarak tanımlanmaktadır.³⁹⁷ İslam Borçlar Hukuku’nda haberci sıfatını taşıyan kimsede iki tarafın iradelerinin toplanması mümkündür ancak temsilci sıfatını taşıyan kimsenin iki iradeyi kendisinde toplaması maslahat çatışması ilkesine binaen, istisnalar hariç, mümkün değildir.³⁹⁸

Sözleşmelerde taraf olabilmek için hak ehliyetine (vücûb ehliyeti) ve fiil ehliyetine (edâ ehliyeti) sahip olmak gerekir.³⁹⁹ Hak ehliyeti, haklara ve borçlara ehil olmayı ifade eder.⁴⁰⁰ Fiil ehliyeti ise hak edinmek veya borç altına girmek için tasarrufta bulunmaya ehil olmayı ifade eder.⁴⁰¹ TMK md.10’a göre *“Ayırt etme gücüne sahip ve kısıtlı olmayan her ergin kişinin fiil ehliyeti vardır.”* TMK md.14’e göre *“Ayırt etme gücü bulunmayanların, küçüklerin ve kısıtlıların fiil ehliyeti yoktur.”* Kanunda belirtilen istisnalar hariç fiil ehliyetine sahip olmayan birinin yaptığı sözleşme batıldır.⁴⁰² Ayırt etme gücüne sahip küçüklerin ve kısıtlıların yaptıkları sözleşmeler yasal temsilcilerinin onayı ile irade beyanlarının yapıldığı andan itibaren geçerli kabul edilir. Onay verilene kadar küçükler ve kısıtlılar açısından sözleşme bağlayıcılık kazanmaz.⁴⁰³

³⁹⁶ Çift temsil, temsilcinin üçüncü kişi olarak iki farklı irade beyanını kendisinde toplaması ya da temsilcinin, sözleşme tarafı olarak hem kendi hem de muhatabın irade beyanını kendinde toplamasıdır. Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 259.

³⁹⁷ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 258.

³⁹⁸ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/176-177.

³⁹⁹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 259.

⁴⁰⁰ Türk Medeni Kanunu (TMK) (Türk Medeni Kanunu (TMK)), 4721 (08 Aralık 2001), md. 8; Hafif, *Ahkamü'l-Muamelati's-Şer'iyye*, 258.

⁴⁰¹ Türk Medeni Kanunu (TMK), md. 9; Hafif, *Ahkamü'l-Muamelati's-Şer'iyye*, 261.

⁴⁰² Türk Medeni Kanunu (TMK), md. 15.

⁴⁰³ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 16; Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 260; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/177-178; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 107.

B. Akıllı Sözleşmenin Tarafları

Merkezi olan veya olmayan⁴⁰⁴ herhangi bir blokzincir platformu üzerinde açılan hesaplarda ilke olarak kullanıcılar takma adlarıyla veya bir dizi harf ve rakamdan oluşan açık anahtar adresleriyle görünürler. Kimlik bilgilerinin tespit edilememesi genelde açık blokzincir platformlarını ilgilendirmektedir. Zira özel blokzincir platformlarına katılma veya işlem yapma izne tabi olduğu için katılım esnasında kimlik bilgileri talep edilebilir.⁴⁰⁵ Ethereum'un açık blokzincir platformu olduğunda değinmiştik. Ethereum üzerinde kurulan akıllı sözleşmelere taraf olan kişilerin yaptıkları işlemlerin zaman ve miktar bilgileri şeffaf olarak paylaşıldığı için tarafların anonim değil, "psödonim"⁴⁰⁶ nitelikte oldukları belirtilmektedir.⁴⁰⁷

Fiil ehliyeti olmayan kimselerin akıllı sözleşme kurmalarını engellemek için öncelikle kimlik tespitinin sağlanması gerekmektedir. Kanaatimizce kimlik tespiti ile ilgili işlemlerde önleyici koşullar belirlemek, aykırı davranılması durumunda ortaya çıkacak sonuçları çözmeye çalışmaktan daha uygulanabilir gözükmektedir. Yani kimlik tespiti için yapılabilecek düzenlemelere aykırı davranılması söz konusu olmamalıdır. Zira, hukuki düzenlemeler yapılırken blokzincir teknolojisinin temel ilkeleri de korunmalıdır. Örneğin, Ethereum platformu üzerinde akıllı sözleşme yürütmek isteyen kişiden kimlik tespiti istendiğini varsayacak olursak bu koşulu sağlamayan kişiye akıllı sözleşme işlemleri kapalı tutulmalıdır. Bazı kripto birim borsalarında birtakım işlemlere erişim için kimlik tespiti zorunlu tutulmaktadır.⁴⁰⁸ Bu doğrultuda, kanun koyucuların yapabilecekleri üç farklı düzenleme olabileceği ifade

⁴⁰⁴ Merkeziyetten kasıt kurucusu belli olan platformlardır. Örneğin Ethereum'un resmi olarak temellerinin atıldığı ülke İsviçre'dir. Enterprise Ethereum Alliance'nin ise merkez ofisi ABD'de gözükmektedir.

⁴⁰⁵ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 106; es-Sadık, *el-Ukûdü 'z-Zekiyye*, 33.

⁴⁰⁶ *Kişisel verilerin tanımlanmış veya tanımlanabilir bir gerçek kişiyle ilişkilendirilmemesinin sağlanması* amacı ile ek bilgilerin ayrı tutulması ve teknik ve düzenlemeye ilişkin tedbirlere tabi tutulması koşuluyla, kişisel verilerin söz konusu ek bilgiler kullanılmaksızın spesifik bir veri sahibiyle artık ilişkilendirilemeyecek şekilde işlenmesidir. Kısacası gerçek veya tüzel bir kişinin varlığıyla birlikte bu kişinin takma adıyla bilinmesidir. Cansu Özgüven, Yetişkin Burak, "GDPR'nın Blokzinciri Üzerindeki Etkisi", *Blockchain Türkiye* (12 Temmuz 2019), 9-10; General Data Protection Regulation (GDPR) (General Data Protection Regulation (GDPR)), OJ L 127 (23 Mayıs 2018), md. 4/5.

⁴⁰⁷ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 106,109.

⁴⁰⁸ Binance borsa uygulaması üzerinden başka borsaya para göndermek veya vadeli işlemlere erişmek örnek verilebilir.

edilmektedir.⁴⁰⁹ İlk seçeneğe göre kimlik tespitiyle ilgili açık bir düzenleme getirilebilir. Böylelikle akıllı sözleşme tarafı olacak kişilerden kimlik doğrulaması talep edilebilir. Aykırı davranılması durumunda ise akıllı sözleşme işlemlerine erişimi kısıtlanabilir. İkinci seçeneğe göre kimlikteki tüm bilgilerin tespiti yerine, tarafların IP adresinden veya cüzdan adreslerinden yola çıkarak sözleşme kurulması için yeterli ölçüde belirlilik sağlanabilir. Örneğin, ad ve soyadı bilgisi yer almadan sadece doğum tarihi tespit edilebilir. İlk iki seçenekte öngörülen düzenlemelerin mevcut açık blokzincir teknolojisini kullanan son kullanıcılara, internet servis sağlayıcılarına, madencilere, çekirdek yazılım geliştiricilerine, çevrimiçi aracı platformlara ve geleneksel finansal aracı kurumlara yönelik yapılabileceği üzerinde durulmaktadır.⁴¹⁰ Üçüncü seçeneğe göre blokzincir teknolojisi üzerinde yapılan geliştirmeler neticesinde kimlik bilgilerinin güvenilir bir şekilde tespit edilmesine yönelik bir altyapı kurulabilir.⁴¹¹

Akıllı sözleşmelerde tarafların kimliklerinin bilinemeyeceğinden yola çıkarak sözleşmelerin geçerli olmayacağını savunan görüş aktarılmaktadır.⁴¹² Aksini savunan görüşler de, sözleşmede karşı tarafı seçme serbestisinden; kimliğin belirlenebilir olmasının yeterli görüldüğünden; akıllı sözleşmelerde karşı tarafın kimliğini bilmenin önemini yitirdiğinden⁴¹³ TBK md.40'da belirtildiği üzere, üçüncü tarafın hukuki işlemi, temsilci veya temsil olunandan biri ile yapması farksız olduğu durumda temsil olunan kişinin kimliğinin bilinmesi gerekmediğinden ve internet üzerinden yapılan sözleşmelerde kimlik belirtilmesi gerekliliğinin açıkça beyan edilmediği sürece kimliği belirsiz kişilerle sözleşme yapılabileceğinden yola çıkılarak tarafların psödonim şekilde akıllı sözleşme yapabilecekleri

⁴⁰⁹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 108-109.

⁴¹⁰ Ayrıntılı bilgi için bkz. Osman Gazi Güçlütürk, "Hukukçular İçin Blokzincir Teknolojisinin Teknik İşleyişi: Bitcoin Örneği", *Gelişen Teknolojiler ve Hukuk I: Blokzincir ve Hukuk* (İstanbul: On İki Levha Yayıncılık, 2020), 38-61.

⁴¹¹ *Dünyadan Blokzinciri Regülasyonları ve Uygulama Örnekleri*, 30-32; "TÜBİTAK BİLGEM", *Elektronik Kimlik Doğrulama Sistemi* (Erişim 27 Mayıs 2021); "Güvenli Erişim Modülü", *TÜBİTAK BİLGEM* (Erişim 28 Mayıs 2021).

⁴¹² Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 110.

⁴¹³ Monzer Kahf - Muhammed Şerif, *el-Ukûdû'z-Zekiyye* (Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019), 33; Coşkun Genç, "Akıllı Sözleşmelerin Hukuki Geleceği Hakkında Değerlendirme", *İstanbul Barosu Dergisi* 94/4 (2020), 151.

savunulmaktadır.⁴¹⁴ Ayrıca, Mısır Medeni Kanunu'na atıfla, taraflar eda ehliyetine sahip olmasalar bile karşı tarafın iyi niyetini korumak adına “görünen durum teorisi” esas alınarak, kimliği bilinmeyen ancak gerçekte ehliyetsiz olan kişi ehliyetli kabul edilerek akıllı sözleşmenin kurulabileceği ileri sürülmektedir. Ehliyetsizlik sebebiyle zarar ortaya çıkması durumunda bu zararı ehliyetsiz kişinin veya velisinin üstleneceği ifade edilmektedir.⁴¹⁵

Özel blokzincir platformlarında kimlik tespitinin mümkün olabileceğini söylemiştik. Her ne kadar açık blokzincir platformlarında veriler kriptografik şifreler ile gizleniyor olsa da bu verilere ulaşmanın pratikte birçok yolu vardır. Blokzincir teknolojisi teorik olarak merkeziyetsiz ve anonim bir yapı vaat etse de mevcut durumda, anonimliği azaltan merkezi uygulamalar bulunmaktadır. Bu teknolojinin merkeziyetsiz kullanılma sebepleri arasında teknik bilgi gerektirmesi, kullanıcı ara yüzünün herkese hitap etmemesi, özel anahtar veya şifrelerin unutulma riskine karşı güvence altına alınması dile getirilmektedir. Örneğin, Ethereum platformu üzerinde hesap açabilmek için kullanılan meşhur uygulamalardan biri olan “Geth (Go Ethereum)” açık kaynak kodlu bir uygulamadır. Ancak ara yüzüne bakıldığında yeterli teknik bilgisi olmayanın kullanımında zorlanabileceğini söyleyebiliriz.⁴¹⁶ Dolayısıyla pratikte kullanıcılar etkileşimlerini üçüncü kişiler ve araçlar vasıtasıyla gerçekleştirmektedirler. Cüzdan hizmet sağlayıcıları, ödeme hizmet sağlayıcıları, borsalar, oracle, bankalar bu araçlar arasında yer almaktadır.⁴¹⁷ Örneğin, MetaMask kısacası bir Ethereum sıcak cüzdanıdır. Bu cüzdan ve oluşturduğu altyapı ile akıllı sözleşme oluşturulması veya var olan akıllı sözleşmeye komut gönderilmesi için ara yüz oluşturulması, web sitelerinde ödeme hizmeti sağlaması, Ethereum özel ve açık anahtar oluşturulması ve unutulmaya karşın güvenlik altına alınması gibi işlemler yapılabilmektedir. Bu işlemler Ethereum blokzincirine kaydolmaktadır.⁴¹⁸ MetaMask, gizlilik politikasında ad, soyad, doğum tarihi ve cinsiyet gibi kimlik bilgilerini; e-posta ve telefon gibi iletişim bilgilerini; kredi kartı ve benzeri finansal

⁴¹⁴ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 107, 110-111.

⁴¹⁵ Cümeyle, *el-Ukûdü’z-Zekiyye Vâkı’uha ve Alâkatüha bi’l-Umlâti’l-İftiraziyye*, 21.

⁴¹⁶ “Managing Your Accounts”, *Go Ethereum* (Erişim 01 Haziran 2021).

⁴¹⁷ es-Sadık, *el-Ukûdü’z-Zekiyye*, 34; Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 210.

⁴¹⁸ “MetaMask Nasıl Kullanılır?”, *Binance Academy* (14 Eylül 2020); Ayşe Karaman, “MetaMask Nedir?”, *Cointelegraph* (28 Mart 2021).

bilgileri kullanıcılarından toplayabileceklerini açıklamaktadır.⁴¹⁹ Binance veya Coinlist gibi borsa uygulamalarını da örnek olarak verebiliriz.⁴²⁰ Zira, bu borsalar hukuki yükümlülüklerinden dolayı kimlik kartının ön ve arka yüzünü, bununla birlikte kullanıcının kimlik kartı ile birlikte çekildiği öz çekim fotoğrafını istemektedir. Kripto birimlerin itibari paraya çevrilmesinde veya borsaya itibari para aktarımında bankalar aracı olmaktadır. Nitekim, TCMB'nin 16 Nisan 2021 tarihli yeni yönetmeliğine göre ödeme ve elektronik para kuruluşlarına kripto birim yasağı getirilmiştir.⁴²¹ Böylelikle Papara gibi uygulamalar yerine artık bankalar üzerinden itibari para gönderme ve çekme işlemleri yürütülmektedir. Üçüncü kişilerce etkileşimin dışında ayrıca üçüncü kişiler tarafından açık blokzincir üzerinde yapılacak analizlerle de kimlik tespiti yapılabileceği ifade edilmektedir. Zira, blokzincirde yapılan işlem akışları veya blokzincire erişimin internet üzerinden sağlanması sebebiyle IP adresleri analiz edilerek kimlik tespiti yapılabileceği ileri sürülmektedir.⁴²²

V. Sözleşmelerde Şekil Şartı

Türk Hukukunda, sözleşme serbestisi ilkesinin kapsamına giren şekil serbestisi asıl, şekil mecburiyeti ise istisna kabul edilmektedir.⁴²³ Bu istisnalar da kanunda düzenlenmiştir.⁴²⁴ Sözleşmelerin geçerliliği, kanunda ya da taraflarca aksi öngörülmedikçe şekle bağlı değildir.⁴²⁵ Şekil mecburiyeti, kanunla düzenlenebileceği gibi tarafların iradeleriyle de öngörülebilir.⁴²⁶ Bir hukuki işlemi şekle tabi tutmanın

⁴¹⁹ “Privacy Policy”, Consensys (12 Ekim 2020).

⁴²⁰ Usta - Doğanekin, *Blockchain* 101, 39.

⁴²¹ Ödemelerde Kripto Varlıkların Kullanılmasına Dair Yönetmelik (Ödemelerde Kripto Varlıkların Kullanılmasına Dair Yönetmelik), *Yönetmelik* (16 Nisan 2021), md. 3-4.

⁴²² Özer, *Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller*, 211-212; Elçin Karatay, “‘Blockchain’ Projeleri Özelinde Kişisel Verilerin Korunması Kanunu’na İlişkin Hukuki Değerlendirmeler”, *Medium* (01 Nisan 2019); es-Sadık, *el-Ukûdû’z-Zekiyye*, 17; Elif Küzeci, “Blokzinciri, Hukuk ve Kişisel Verilerin Korunması: Yeni Bir Güven Mekanizması Kurmak Olanaklı mı?”, *Gelişen Teknolojiler ve Hukuk I: Blokzincir* (İstanbul: On İki Levha Yayıncılık, 2020), 173; Şimşek, Samar, “İslami Finans Açısından Blokzincir Teknolojisi”, 86.

⁴²³ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 12.

⁴²⁴ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 302; Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 237; Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 288; Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 184/1.

⁴²⁵ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 12/1; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/144.

⁴²⁶ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 12,17.

sebepleri; kesinlik sağlamak, açıklık kazandırmak, ispatını kolaylaştırmak, kayıt altına almak, tarafları düşünmeye sevk etmek veya bilgilendirmek olabilir.⁴²⁷

İslam Borçlar Hukuku ilke olarak şekil şartı bulunmamaktadır. Ancak kanunun öngördüğü şartların İslam Hukuku açısından nasıl değerlendirileceği çağdaş İslam alimleri arasında tartışma konusu olmuştur. Bu tartışmalarda ön plana çıkan akarın tapu tescili ile, yani resmi şekil şartıyla, satımıdır. Akarda kiracı da olsa veya satıcının eşyasıyla meşgul de olsa tapu tescili ile akarın kabzedildiği, mülkiyet ve tazmin sorumluluğunun satıcıdan müşteriye intikal ettiği belirtilmektedir. Satıcının, müşteriye akarı teslim etmemesin de ise gasp hükümlerinin cari olacağı ve mahkeme yoluyla çözüm bulunacağı ifade edilmektedir.⁴²⁸ Ayrıca, akar satımı için tescil şartının ileri sürülmesi sözleşmelerin mülaimi olan bir şartın koşulması kapsamında değerlendirilebilir. Zira, sözleşmelerin mülaimi olarak kefil veya rehin şartı koşulması nasıl ki akdi güvence altına almayı amaçlıyorsa akar satımında tescil şartı da aynı amaç doğrultusunda değerlendirilebilir.⁴²⁹

A. İradi Şekil

Şekil şartı taraflarca kararlaştırılmışsa buna “iradi şekil” denir.⁴³⁰ İradi şekil şartı kanuni şekil şartının olmadığı yerlerde veya kanuni şekil şartına, ters düşmeyecek biçimde, ek olarak koşulabilirler.⁴³¹ Akıllı sözleşmelere meşruiyet atfedilirken sözleşme serbestisi ve kapsamına giren şekil serbestisinden yararlanılmaktadır.⁴³² Ancak konuya farklı bir açıdan bakıldığında, kanuni şekil mecburiyeti dışında kalan akıllı sözleşmelerde iradi şeklin mecburi olarak bulunduğunu dile getirebiliriz.⁴³³ Zira, akıllı sözleşmeler kod diliyle yazılmakta, icap ve bir akıllı sözleşmenin başka bir akıllı sözleşmeye çağrı gönderdiği durumda kabul belirli şekillerde gerçekleşmektedir. Dolayısıyla akıllı sözleşmeye taraf olmayı kabul

⁴²⁷ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 299-300; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/146.

⁴²⁸ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/388-389; Mustafa Ahmed ez-Zerka, *el-Medhalü'l-Fikhi el-Âmm* (Dimaşk: Darü'l-Kalem, 2004), 2/706, 954-955.

⁴²⁹ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/474.

⁴³⁰ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 304.

⁴³¹ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/166.

⁴³² Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 161.

⁴³³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 150.

edenlerin örtülü olarak⁴³⁴ şekil anlaşması yaptıklarını söyleyebiliriz. İslam Hukuku'na göre taraflar sözleşmede şartlar ileri sürebilirler ancak bu şartlar şeriatın kuralları ile sınırlandırılmaktadır.⁴³⁵ Hanefi mezhebine göre sözleşmenin muktezası veya mülaimi olan şartlar ya da örfün belirlediği şartlar geçerlidir. Ancak bu üç çeşit şart dışında kalan ve taraflardan birine veya sözleşmenin mahalline fayda sağlayan şartlar sözleşmeyi fasit hale getirmektedir. Şayet yine bu üç çeşit şartın dışında olmakla birlikte herhangi bir tarafa fayda sağlamazsa şart geçersiz kabul edilmekte, sözleşme bu şarttan etkilenmemekte ve geçerli kabul edilmektedir.⁴³⁶ Sözleşmenin fasit olmasını ve sonuç olarak taraflarca veya mahkeme tarafından fesih olmasının akıllı sözleşmelerde nasıl mümkün olabileceği “şekle aykırılık” başlığında ele alınacaktır.

B. Kanuni Şekil

Türk Borçlar Kanunu'nda sözleşmeler için iki şekil öngörülmüştür: Adi yazılı şekil ve resmi şekil.⁴³⁷

1. Adi Yazılı Şekil

Adi yazılı şekil, irade beyanlarının bir metinde açıklanması ve taraflarca imzalanmasıyla gerçekleştirilir.⁴³⁸ TBK md.14/2'ye bakıldığında, iletişim araçlarıyla yapılan sözleşmelerde “güvenli elektronik imza” ve “saklanabilen metinler” vurgusu yer almaktadır.⁴³⁹ Adi yazılı şekil, metin ve imza unsurlarından oluşmaktadır.⁴⁴⁰

⁴³⁴ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/166.

⁴³⁵ Hafif, *Ahkamü'l-Muamelati's-Ser'iyye*, 228.

⁴³⁶ Osmanî, *Fıkhu'l-Buyû ala'l-Mezâhibi'l-Erbâa*, 1/474-475; Hafif, *Ahkamü'l-Muamelati's-Ser'iyye*, 230-232.

⁴³⁷ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/146.

⁴³⁸ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/148.

⁴³⁹ “Kanunda aksi öngörülmedikçe, imzalı bir mektup, asılları borç altına girenlerce imzalanmış telgraf, teyit edilmiş olmaları kaydıyla faks veya buna benzer iletişim araçları ya da güvenli elektronik imza ile gönderilip saklanabilen metinler de yazılı şekil yerine geçer.” Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 14/2.

⁴⁴⁰ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 308.

a. Metin

Sözleşmede taraf iradelerinin içeriğini yazılı bir şekilde ifade eden belgeye metin denir.⁴⁴¹ Bu anlamda metin, beyan içeriğini; belge ise beyan iletim aracını temsil etmektedir. Beyan içeriği sözleşmenin objektif ve sübjektif esaslı noktalarını içermelidir.⁴⁴² Anlaşıldığı sürece metinde her dil ve yazı karakteri kullanılabilir.⁴⁴³ Bu anlamda dijital dokümanlar veya elektronik posta gibi teknik araçlarla görüntülenebilen içerikler de geçerli beyan içeriği kapsamında değerlendirilmektedir. Beyan iletim aracı üzerinde beyan içeriğinin kalıcılığını sağlayan her türlü yazım aracı kabul edilmektedir.⁴⁴⁴ Metni taraflar hazırlayabileceği gibi üçüncü bir şahıs da hazırlayabilir.⁴⁴⁵

Akıllı sözleşmelerde programlama dilinde kodlanan beyan içeriğinin taraflarca görüntülenebilir olması gerekir.⁴⁴⁶ Programlama dilleriyle hazırlanan bir beyan içeriği görüntülenebilir olsa da programlama dilini bilmeyenler için sözleşme içeriği anlaşılmayabilir. Dolayısıyla beyan içeriğinin doğal bir dile tercüme edilmesi gerekebilir.⁴⁴⁷ Bu tercümenin, yardımcı kişi niteliği taşıyan tercümana yaptırılabilmesi gibi⁴⁴⁸ sözleşmeyi yazan, yani icapta bulunan, kişi tarafından yazılabilir. Ancak bahsedilen ikinci durumda tercümenin teyit edilmesine ihtiyaç duyulabilir.

Beyan iletim aracı, beyan içeriğinin değiştirilmesini engelleyecek, kalıcı olarak kaydedecek ve istendiğinde fiziksel olarak temin edilmesine imkân verecek araç olarak tanımlanmaktadır. Bu anlamda, sonradan değişiklik yapılmayacağını ve kalıcılığını teknolojik olarak garanti altına alan araçlar beyan iletim aracı olarak değerlendirilmektedirler. Islak imzalı bir belgenin taranıp gönderilmesi ya da dijital imzalı bir pdf'in veya elektronik postanın iletilmesi örnek olarak verilebilir. Bu bağlamda, akıllı sözleşmelerde madencilerin ve doğrulayıcıların çoğunluğu kötü

⁴⁴¹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 308.

⁴⁴² Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 309.

⁴⁴³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 150.

⁴⁴⁴ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 164.

⁴⁴⁵ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/148.

⁴⁴⁶ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 164.

⁴⁴⁷ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 165.

⁴⁴⁸ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 482.

niyetli davranmadığı sürece “değiştirilmezlik”, dağıtık düğümlerin hepsinden kayıtlar silinmediği sürece “kalıcılık” sağlanmaktadır. Bununla birlikte beyan içeriğinin fiziksel olarak üretilebilmesi mümkündür.⁴⁴⁹

b. İmza

İmza, kişinin kimliğini gösteren, onu diğerlerinden ayıran ve beyan içeriğinin imza sahibinin iradesine uygun olduğunu gösterir.⁴⁵⁰ İmza, borç altına girenler tarafından elle imzalanmalıdır.⁴⁵¹ Ayrıca TBK md.15/1 ve Elektronik İmza Kanunu (EİK) md.5 uyarınca güvenli elektronik imza, kefalet sözleşmesi gibi kanunda belirtilen istisnalar hariç, elle atılan imza ile aynı kabul edilmiştir.⁴⁵² Elektronik imza, EİK md.3/b’de “*Başka bir elektronik veriye eklenen veya elektronik veriyle mantıksal bağlantısı bulunan ve kimlik doğrulama amacıyla kullanılan elektronik veri*” olarak tanımlanmaktadır. Elektronik imzanın hukuk nezdinde geçerli olabilmesi için güvenilir elektronik imza niteliğini haiz olmalı ve güvenilirliği de EİK md.7 ve EİK md.8 uyarınca nitelikli elektronik sertifika hizmet sağlayıcısı tarafından doğrulanabilir olmalıdır.⁴⁵³ Elektronik imza güvenilir niteliği haiz olabilmesi için, EİK md.4’te belirtilen şartları sağlamalıdır.⁴⁵⁴

Akıllı sözleşmelerde kullanılan kriptografik şifreleme temelli özel ve açık anahtarlara bakıldığında dijital imzada olduğu gibi mesajı koruma ve değişmediğini denetleme fonksiyonları bulunmaktadır. EİK md.3/d ve f’de kriptografik yöntemlere atıf yapılmaktadır. Ancak açık blokzincir platformlarında açık anahtar sahibinin kimlik tespiti garanti edilememekte⁴⁵⁵ ve açık anahtarın hangi özel anahtara karşılık geldiği bilinmemektedir. Bununla birlikte kullanılan anahtar ile anahtar sahibi

⁴⁴⁹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 165-167.

⁴⁵⁰ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 309; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/153; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 167.

⁴⁵¹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 309-310; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/150-151.

⁴⁵² Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/153.

⁴⁵³ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/152-153; Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 317.

⁴⁵⁴ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 317; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/152; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 168; Elektronik İmza Kanunu (EİK) (Elektronik İmza Kanunu (EİK)), 5070 (15 Ocak 2004), md. 4.

⁴⁵⁵ Kimlik tespitin fiili olarak sağlandığı durumlarda regülatörler tarafından bu sağlayıcılar güvenilir kabul edilirse o zaman akıllı sözleşmeler adi yazı şekil kapsamında değerlendirilebilir.

arasındaki kimlik bağının onaylanması için üçüncü bir güvenilir onay kurumu yer almamaktadır. Bu sebeple blokzincirdeki kriptografik imzaların adi yazılı şekil kapsamına girmediği belirtilmektedir.⁴⁵⁶ Şayet kanunda yazılı şekil şartı sağlanması gerekli görülmüşse off-chain akıllı sözleşmeler ile hukuka uyum sağlanabileceği ifade edilmektedir.⁴⁵⁷ Bunun yanı sıra, Avrupa Birliği Hukuku 910/2014 sayılı yönetmelik kapsamında blokzincir üzerinde oluşturulan kayıtların elektronik imza kapsamında değerlendirilebileceği ifade edilmektedir.⁴⁵⁸ Kimlik tespitinin, blokzincir teknolojisinin ve veri kaynaklarının özelliklerine göre mümkün olabileceği ileri sürülmektedir.⁴⁵⁹ Alman Hukuku'na göre blokzincir platformu tarafından veya platforma entegre olarak hizmet sağlayan ara yüzler tarafından doğrulanmış bir kimlik ile kriptografik imzanın geçerli olacağı belirtilmektedir.⁴⁶⁰ Illinois Blokzincir Teknolojisi Kanunu'nda kanunen yazılı şekil şartının öngörülmesi durumunda kaydı içeren blokzincirinin sunulması ve kanunen imza şartının öngörülmesi durumunda elektronik imzayı içeren ya da kişinin imza sağlama niyetini doğrulayan blokzincir kaydının sunulması kanunda öngörülen şartları karşılamaktadır.⁴⁶¹

İsviçre'de, Zürih Uygulamalı Bilimler Üniversitesi ve Telekom şirketi Swisscom iş birliğiyle nitelikli dijital imza kullanılmasını ve yasal olarak geçerli akıllı sözleşmelerin kurulmasını sağlayan bir uygulama prototipi geliştirmişlerdir. Bu uygulama prototip Ethereum tabanlı bir akıllı sözleşme olarak kurulan bu uygulama prototipi, yasal gerekliliklere uygun olarak blokzinciri işlemlerine nitelikli elektronik imzaların eklenebildiği, Swisscom'un imza hizmetine bağlayan bir ara yüze sahiptir.⁴⁶² Böylelikle blokzincirdeki asimetrik kriptografik anahtarlar, nitelikli güvenli elektronik imza ile aynı hukuki statüye getirilmeye çalışılmıştır. Ancak Türk Hukuku'nda İmza Kanunu md.5 üzerinde değişikliğe gidilmediği müddetçe böyle bir

⁴⁵⁶ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 168-169.

⁴⁵⁷ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 170.

⁴⁵⁸ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 169; Gönenç Gürkaynak vd., "Intellectual Property Law and Practice in the Blockchain Realm", *Computer Law & Security Review* 34/4 (01 Ağustos 2018), 853.

⁴⁵⁹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 169; *Smart Contracts: Legal Framework and Proposed Guidelines for Lawmakers*, 25.

⁴⁶⁰ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 170.

⁴⁶¹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 170; "Financial Regulation: Blockchain Technology Act", md. 205 ILCS 730/10(c-d).

⁴⁶² Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 175-176; "First-ever qualified electronic signature for blockchain", *Zurich University* (28 Ocak 2019).

uygulamanın resmi şekle tabi sözleşmelerde kullanılmasının mümkün olamayacağı belirtilmektedir. Zira, ilgili kanun maddesinde resmi şekle tabi sözleşmelerin güvenli dijital imza ile kurulamayacağına hükmedilmiştir. Bunun bir diğer örneği olarak, ABD'nin Arizona eyaletinde elektronik işlemler yasasında yapılan değişiklikler verilmektedir. Bu yasadaki değişikliğe göre, blokzincir teknolojisi ile güvence altına alınan bir kaydın ve imzanın geçerli bir elektronik kayıt ve elektronik imza olduğu belirtilmiştir.⁴⁶³

2. Resmi Şekil

Bazı hukuki işlemlerin resmi makamın katılımı ile yapılması kanunda düzenlenmiştir. Örneğin, TBK md.237/1'e göre taşınmaz satışının geçerliliği için resmi şekil şartı öngörülmüştür.⁴⁶⁴ Bu resmi makamları da noter, tapu sicil müdürlükleri ve sulh hâkimi oluşturmaktadır.⁴⁶⁵ Noterlerin genel yetkili oldukları, yani resmi makam bildirilmeden bir işlemin resmi şekil şartı ile yerine getirilmesi gerektiği durumlarda noterlerin resmi makam oldukları ifade edilmektedir.⁴⁶⁶ EİK md.5/2'de düzenlendiği üzere resmi şekle tabi olan işlemler güvenli elektronik imza ile gerçekleştirilememektedir.⁴⁶⁷ Dolayısıyla taşınmaz satışı gibi resmi şekle bağlı sözleşmelerin akıllı sözleşme ile kurulamayacağı görüşü dile getirilmektedir. Bunun yanı sıra, resmi şekil şartına uygun olarak off-chain akıllı sözleşmelerin kurulabileceği belirtilmektedir.⁴⁶⁸

On-chain akıllı sözleşmelerin resmi şekil şartına uyabilmesi ve yasal düzenlemeler yapılarak resmî kurumların akıllı sözleşme mekanizmasına katılmaları için alt yapı oluşturulması çözüm yolu olarak ileri sürülmektedir. Resmi şekil şartının, doğrulama amacıyla değil de tarafları uyarma ya da düşünmeye sevk etme

⁴⁶³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 176-177.

⁴⁶⁴ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 319.

⁴⁶⁵ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 320.

⁴⁶⁶ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 173-174.

⁴⁶⁷ Kanunların resmî şekle veya özel bir merasime tabi tuttuğu hukukî işlemler ile banka teminat mektupları dışındaki teminat sözleşmeleri, güvenli elektronik imza ile gerçekleştirilemez. Elektronik İmza Kanunu (EİK), md. 5/2.

⁴⁶⁸ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 174-175.

amacıyla konulması durumunda oluşturulan alt yapı bu amaçları sağlamada zayıf kalabilir.⁴⁶⁹

Blokzincir teknolojisinin e-devlet üzerinden sağlanan birçok hizmete uygulanabileceği düşünülmektedir.⁴⁷⁰ Bu hizmetlerden biri olan Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS) üzerinden resmi şekle tabi olmayan işlemler yapılabilmektedir. Blokzincir ile tutulacak kayıtların Tapu Sicil Tüzüğü ile uyumlu hale getirilmesinin mümkün olabileceği ve TAKBİS'e benzer bir sistem kurulabileceği ifade edilmektedir. Bu düzenlemenin de TMK md.997/3 "*Sicilin örneği, nasıl tutulacağı ve yardımcı siciller Cumhurbaşkanınca çıkarılan yönetmelikle belirlenir.*" hükmü uyarınca yapılabileceği belirtilmektedir. Daha geniş bir düzenlemeyle akıllı sözleşmelerden yararlanarak otomatik ifanın da sağlanabileceği, böylelikle tapu sicil memuruna ihtiyaç duyulmadan taşınmaz satışı yapılabileceği ileri sürülmektedir. Tasavvur edilen otomatikleştirilmiş taşınmaz satışında, taraf kimlikleri doğrulanabileceği ve kendisi için kriptografik kimlik oluşturulan taşınmazın satış esnasında tespitinin sağlanabileceği düşünülmektedir.⁴⁷¹

Akıllı sözleşmelerin hem adi yazılı şekle hem de resmi şekle uygun hale gelebilmesi için işlevsel denklik ilkesine dayanan çözüm önerisi sunulmaktadır. Bu ilkeye göre akıllı sözleşmelerin geçerliliği için yasal düzenlemelerin mecburi olmayacağı dile getirilmektedir. Kanunda öngörülen şekil şartlarının amacı tespit edildikten sonra akıllı sözleşmenin bu amacı sağlayıp sağlayamayacağının tespiti gerekli görülmektedir. Örneğin, kanunen sicile işlenmesi gereken bir işlemde, güvenilir bir şekilde saklama ve istendiğinde erişebilme amacı dağıtık defter teknolojisi ile sağlanabiliyorsa güvenilir dijital kimlik esaslarına uymasa bile akıllı sözleşmenin kurulabileceği ifade edilmektedir. Bu bağlamda, her bir akıllı sözleşme kurma talebinde kanunen öngörülen amaçların akıllı sözleşme tarafından sağlanıp sağlanamadığının mahkemelerce hükme bağlanması gerektiği belirtilmektedir. Bu ilkenin, kripto birimlerin ve tokenlerin hukuki niteliğinin tespit edilmesi amacıyla

⁴⁶⁹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 177; *Smart Contracts: Legal Framework and Proposed Guidelines for Lawmakers*, 29.

⁴⁷⁰ Kirkit, "Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası", 159; Zübeyir Durğay, Karaarslan Enis, "Blokzinciri Teknolojisinin E-Devlet Uygulamalarında Kullanımı: Ön İnceleme" (Akademik Bilişim, Karabük, 2018); Araalan, "Akıllı Sözleşmeler", 504.

⁴⁷¹ Kirkit, "Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası", 159-160, 162.

ortaya çıktığı dile getirilmektedir. Programlama dilinin anlaşılmasında sebebiyle mahkemelerce amaç tespiti zor olabileceği belirtilmektedir.⁴⁷² Ayrıca, amaç tespiti görecelilik içerdiği için bahsedildiği üzere yetkili kişilerin müdahalesini gerektirmektedir. Bu anlamda, kanaatimizce, akıllı sözleşmelerin otomatikleştirilmesi ve merkeziyetsiz hale getirilmesi engellenmekte; her sözleşmenin mahkemeler veya görevlendirilen üçüncü şahıslar tarafından incelenmesi sürdürülebilir gözükmemektedir.

C. Şekle Aykırılık

Türk Borçlar Kanunu md.12/2'ye göre kanunen geçerlilik şartı olarak belirtilen şekle uyulmadan kurulan sözleşme hükümsüzdür. Bu hükümsüzlüğün hukuki niteliği hakkında doktrinde farklı görüşler mevcuttur.⁴⁷³ Bizim burada değineceğimiz görüşler “butlan” ve “kendine özgü geçersizlik” görüşleridir. İslam Borçlar Hukuku'na göre sözleşmenin mülaim şartlarına uyulmazsa bu durum sözleşmenin kurulmasına engel olmaz ancak şartı koşan tarafa veya taraflara fesih hakkı tanınır.

Yargıtay ve İsviçre Federal Mahkemesi kesin hükümsüzlük (butlan) görüşünü savunmaktadır.⁴⁷⁴ Bu anlamda sözleşme hiç yapılmamış kabul edilmektedir. Şekle aykırılık taraflarca ileri sürülmesi bile üçüncü kişiler tarafından ileri sürülebileceği ve hâkimin re'sen göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmektedir. Sözleşmenin üzerinden zaman geçmesiyle veya tarafların onayıyla sözleşme geçerli hale gelmez.⁴⁷⁵

Şekle aykırı sözleşmenin sağlık kazabileceği iki durum belirtilmektedir.⁴⁷⁶ İlk durumda taraflar şekle aykırılığın bilincinde olduğu halde sözleşmeden doğan borçlarını ifa etmişlerse iade talebinde bulunamazlar. İkinci durum karşı tarafı kandırarak şekle aykırılığa kasten sebep olan taraf iade talebinde bulunamaz. Şekle

⁴⁷² Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 178-180.

⁴⁷³ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 326; Kirkit, “Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası”, 158.

⁴⁷⁴ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/160; Kirkit, “Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası”, 152.

⁴⁷⁵ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 327.

⁴⁷⁶ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 327-328; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 181-182.

aykırılığın öne sürülmesiyle iade talebinde bulunmak hakkın kötüye kullanılması olarak nitelendirilmektedir.⁴⁷⁷

Kendine özgü geçersizlik görüşü kesin hükümsüzlük yaptırımını eleştirmektedir. Bu görüşe göre geçersizlik taraflar arasındaki bir durum olduğu ve üçüncü şahıslar ya da hâkim tarafından ileri sürülemeyeceği belirtilmektedir. Sözleşmeden doğan bazı borçların ifa edilmesi durumunda hakkın kötüye kullanılmasına bakılmaksızın sözleşme geçerli kabul edilir. Dolayısıyla bilerek ve isteyerek ifa ile sözleşme geçerlilik kazanır.⁴⁷⁸

Akıllı sözleşmeler şekil şartlarına uymadan kurulmuş olsalar bile teknik anlamda işleyişini tamamlayacak ve borçların ifası gerçekleşmiş olacaktır. Bu durumda hâkim görüşe, yani kesin hükümsüzlük görüşüne, göre ifa edilen borçların istihkak ya da sebepsiz zenginleşme hükümlerince iade edilmesi gerekeceği ifade edilmektedir.⁴⁷⁹ Bu hükümden farklı olarak, şekil şartlarına uyulmadığının taraflarca bilindiği bir akıllı sözleşmenin kurulduğu ve ifa edimlerinin de gerçekleştiği bir durumda, yukarıda belirtilen hakkın kötüye kullanılması esasına göre, akıllı sözleşmenin geçerlilik kazanacağı düşünülebilir.

VI. İrade Bozukluğu

İrade bozukluğu, *“bir işlem yapılırken taraflardan birinin işlem iradesinin oluşum veya beyanı aşamasında ortaya çıkan sakatlıklar”* olarak tanımlanmaktadır. İradenin oluşum aşamasındaki bozukluk saik hatası, temel hatası, aldatma, korkutma hallerinde görülür. İradenin sağlıklı bir şekilde oluşmasına rağmen bu iradenin beyan edilmesinde bozukluk olabilir.⁴⁸⁰ İrade sakatlıkları yanılma, aldatma ve korkutma olarak karşımıza çıkmaktadır.⁴⁸¹ Çalışmamızda sadece yanılmayı (galat) ele alacağız.

⁴⁷⁷ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/163; Kirkit, “Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası”, 158.

⁴⁷⁸ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 329; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 182; Kirkit, “Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası”, 158-159.

⁴⁷⁹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 183; Kartal, “Smart Contracts”, Eylül 2019/254; Kun, “Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions”, 150.

⁴⁸⁰ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 422-423; Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/94.

⁴⁸¹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 425; Zerka, *el-Medhalü'l-Fıkhî el-Âmm*, 2004, 1/449,459,473.

A. Yanılma

Yanılma, doktrinde, “*irade beyanının istenmeyerek arzuya uygun olmaması veya iradenin oluşmasına etken olan bir hususta tasavvurun gerçek duruma uygun olmaması*” olarak tanımlanmaktadır. Çağdaş İslam Hukuku alimlerinden Muhammed Zerkâ, yanılmayı “*akdi yapan kişiye olmayanı varmış gibi tasavvur ettiren ve onu eğer bu tasavvur olmasaydı yapmayacak olduğu akdi yapmaya sevkeden tevehhüm*” olarak tanımlamaktadır.⁴⁸²

İslam Hukuku’nda klasik fıkıh eserlerinde tek başlık altında yer almadığı ifade edilmekte ve konunun “hata” ya da “ayıp, vasıf ve görme muhayyerlikleri” ile ilişkilendirilip açıklandığı belirtilmektedir.⁴⁸³ İslam Hukuku’nda, teamüldeki istikrarı ve düzeni sağlamak adına ilke olarak dış irade, iç iradeye tercih edilir. Ayrıca, galat sebebiyle sözleşmenin feshedilmesi neticesinde karşı tarafın mağduriyeti ve zarar görmesi engellenmek istenmektedir.⁴⁸⁴ Nitekim, yanılma temelde kişinin kendisinden kaynaklı bir irade bozukluğudur. Ancak İslam Hukuku’nda galatın itibar edilebileceği bazı noktalar dile getirilmektedir. Bu noktalar galatın açık veya bilinebilir olması etrafında toplanmaktadır. Bu noktalardan biri yanılan kişinin sözleşme esnasında gerçek iradesini açıklamasıdır. Şayet galat cinste ise bu durum sözleşmenin kurulmasına engeldir. Şayet vasıfta ise iki ihtimal söz konusudur. Sözleşmenin konusu sözleşme meclisinde bulunmuyorsa “vasıf muhayyerliği” çerçevesinde galata itibar olunur. Sözleşmenin konusu sözleşme meclisinde bulunuyor ve kendisine işaret ediliyorsa bu durumda galata itibar olunmaz. Örneğin, bir kimse ahşap zannettiği bir masayı alırken “ahşap masa satın alıyorum” alıyorum derse ve masa sunta çıkarsa burada karşı taraf yanılmayı bilebilecek durumdadır. Bir diğer nokta, gerçek iradenin galat sebebiyle kusurlu hale geldiğinin karineler sebebiyle anlaşılmasıdır.⁴⁸⁵ Örneğin, antikacıdan alınan bir ürünün antika çıkmaması durumunda dürüstlük kuralı gereği satıcının müşteriye uyarması beklenir. Bir başka

⁴⁸² Hacı Yunus Apaydın, “Galat”, *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi* (İstanbul: TDV Yayın, 1996); Zerkâ, *el-Medhalü'l-Fıkhi el-Âmm*, 2004, 1/473.

⁴⁸³ Zerkâ, *el-Medhalü'l-Fıkhi el-Âmm*, 2004, 1/475; Apaydın, “Galat”, 13/297,299.

⁴⁸⁴ Apaydın, “Galat”, 13/298.

⁴⁸⁵ Zerkâ, *el-Medhalü'l-Fıkhi el-Âmm*, 2004, 1/476-479.

nokta ise karşı tarafın galatı bilme imkânı olmasa bile görme muhayyerliği gibi muhayyerliklerde galat dikkate alınır.⁴⁸⁶

Tanımda belirtilen ilk duruma “beyan yanılması” ikincisine “saikte yanılma” denmektedir.⁴⁸⁷ TBK md.30’da⁴⁸⁸ belirtildiği üzere sözleşme yapılırken düşülen “esaslı yanılma” sözleşmenin geçerliliğini etkiler. Esaslı yanılmaya düşen taraf sözleşme ile bağlı olmaz. TBK md.32’de⁴⁸⁹ ise saikte yanılmanın ne zaman esaslı yanılma kabul edileceği belirtilmiştir.⁴⁹⁰

1. Beyan Yanılması

Beyan yanılması, doktrinde, “*beyan sahibinin beyanı ile işlem iradesi arasında istenmeyerek meydana gelen uygunsuzluk*” şeklinde tanımlanmaktadır. Beyan yanılması, beyan fiilinde yanılma ve beyan içeriğinde yanılma olarak ikiye ayrılmaktadır.⁴⁹¹ Beyan fiilinde yanılma, arzu edilenden farklı bir beyanda bulunmakla oluşur. Bir kişinin kelimeleri karıştırması, yollamak istemediği belgeleri göndermesi veya imzalamak istemediği belgeler imzalaması beyan fiilinde yanılmaya örnek olarak verilmektedir. Bir kişinin okumadan veya okuduğu halde anlamadan bir belgeyi imzalaması sonucu sözleşme kurulur ancak kişinin gerçek iradesinin belgedekinden farklı olduğu dürüstlük kuralı çerçevesinde tespit edilebilirse beyanda yanılmasına istinaden iptal edilebileceği belirtilmektedir. Beyan içeriğinde yanılmanın, beyanın anlamına ilişkin bir yanılma olduğu ve özellikle yabancı dil ile kurulan sözleşmelerde ortaya çıktığı ifade edilmektedir.⁴⁹²

TBK md.31/1’de esaslı yanılma kabul edilen beyan yanılması doktrinde, sözleşmenin türünde yanılma,⁴⁹³ sözleşmenin konusunda yanılma,⁴⁹⁴ karşı tarafın

⁴⁸⁶ Zerka, *el-Medhalü'l-Fıkhi el-Âmm*, 2004, 2/481-482; Apaydın, “Galat”, 13/298.

⁴⁸⁷ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/9; Zerka, *el-Medhalü'l-Fıkhi el-Âmm*, 2004, 1/474-475.

⁴⁸⁸ Sözleşme kurulurken esaslı yanılmaya düşen taraf, sözleşme ile bağlı olmaz. Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 30.

⁴⁸⁹ Saikte yanılma, esaslı yanılma sayılmaz. Yanılanın, yanıldığı saiki sözleşmenin temeli sayması ve bunun da iş ilişkilerinde geçerli dürüstlük kurallarına uygun olması hâlinde yanılma esaslı sayılır. Ancak bu durumun karşı tarafa da bilinebilir olması gerekir. Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 32.

⁴⁹⁰ Oğuzman - Öz, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 1/96-97.

⁴⁹¹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 428-429.

⁴⁹² Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 248-249.

⁴⁹³ Taraflardan birinin kira sözleşmesi yapmak isterken bilmeden ve istemeden satış sözleşmesi yapması örnek verilebilir.

kimliğinde yanılma,⁴⁹⁵ karşı tarafın niteliklerinde yanılma,⁴⁹⁶ edim veya karşı edimin miktarında yanılma⁴⁹⁷ şeklinde genelleştirilerek açıklanmaktadır.⁴⁹⁸

2. Saik Yanılması

TBK md.32 esaslı yanılma kabul edilmeyen saik yanılmasına “adi saik yanılması” denir. Aynı maddede esaslı yanılma kabul edilen saik yanılmasına da “temel yanılması” denir.⁴⁹⁹ Temel yanılmanın gerçekleşmesi için saik yanılmasının, sübjektif unsurun, objektif unsurun ve karşı tarafça bilinme imkanının bir arada bulunması gerekli görülmüştür.⁵⁰⁰ Saik, sözleşme taraflarının sözleşme yapmaya motive eden tasavvuru ifade etmektedir.⁵⁰¹ Saik yanılmasından kasıt ise tasavvur ile gerçek durum arasındaki uyumsuzluktur. Sübjektif unsurdan kasıt, yanılan kişinin yanıldığı hususu bilmesi durumunda sözleşmeyi o haliyle yapmayacak olmasıdır. Objektif unsurdan kasıt, iş ilişkilerinde geçerli dürüstlük kurallarına göre yanlış tasavvur edilen hususun sözleşmenin temeli sayılmasıdır. Bilinebilir olma imkanından kasıt ise yanılan kişinin yanlış tasavvur ettiği hususu sözleşmenin temeli saymasının karşı tarafça bilinebilir olmasıdır.⁵⁰²

3. Akıllı Sözleşmelerde Yanılma

Akıllı sözleşmelerde, sözleşme içeriğinin doğru anlaşılıp yanlış beyanda bulunarak arzu edilenden farklı bir sonuca ulaşılması (beyan yanılması) ya da sözleşme içeriğinin en başta farkında olmadan yanlış anlaşılıp arzu edilenden farklı bir sonuca ulaşılması (temel yanılması) olabilir. Özellikle akıllı sözleşmelerde teknik

⁴⁹⁴ Apaydın, “Galat”, 13/299. Borçlar hukuku kitabı almak isterken bilmeden anayasa hukuku kitabına işaret etmesi örnek verilebilir.

⁴⁹⁵ Apaydın, “Galat”, 13/299; Zerka, *el-Medhalü'l-Fıkhi el-Âmm*, 2004, 1/484. Farkında olmadan vekaletin farklı kişiye verilmesi örnek verilebilir.

⁴⁹⁶ Apaydın, “Galat”, 13/299; Zerka, *el-Medhalü'l-Fıkhi el-Âmm*, 2004, 1/484. Vekaletini boşanma avukatına vermek isterken farkında olmadan ceza avukatı seçmesi örnek verilebilir.

⁴⁹⁷ Metre karesi belirtilen bir arsanın sıfırlarından birinin eksik yazılması örnek verilebilir.

⁴⁹⁸ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 431-434.

⁴⁹⁹ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 430.

⁵⁰⁰ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 436.

⁵⁰¹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 250.

⁵⁰² Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 436.

sebeplerden kaynaklanan beyan yanlışları olabilir.⁵⁰³ Akıllı sözleşmelerde beyan yanlışları olarak tezahür edebilecek ihtimallere değineceğiz.

a. Akıllı Sözleşmelerde Bilinçli Bilgisizlik

Akıllı sözleşme kodunu anlamadığının farkında olarak sözleşmeyi kuran kişinin yanlış hükümlerine dayanarak sözleşmeyi iptal edemeyeceği belirtilmektedir.⁵⁰⁴ Zira, yanlış için farkında olmama ve bilinçsizlik durumu gereklidir.

b. İradelerin Yanlış veya Eksik Programlanmış Olması

Akıllı sözleşme kurulurken beklenen sonuç ile ortaya çıkan sonucun farklılaşmasının, sözleşme kodunun hatalı veya eksik yazılması sebebiyle olabileceği ifade edilmektedir.⁵⁰⁵ Bu kodlama hatası, akıllı sözleşmeye hem taraf olup hem sözleşmeyi yazan veya sözleşmenin diğer tarafı olup komut gönderen ya da her ikisinin kod yazımı için yetki verdiği üçüncü bir şahıs sebebiyle olabilir.⁵⁰⁶ Özellikle üçüncü şahısların kod yazımı durumunda, bu kişilerin, tarafların irade beyanlarını yanlış anlama ya da doğru anlayıp yanlış kodlama veya kötü niyetli davranma ihtimalleri söz konusudur.⁵⁰⁷ Üçüncü kişilerin kod yazması tercümanlık ile ilişkilendirilebilir. Bu durumda, blokzincir teknolojisi ve akıllı sözleşmeler yasal düzenlemeye konu olurlarsa hukuki ve teknik anlamda yetkin kişiler yeminli tercüman mesabesinde görülebillerler.

Yanılan tarafın, TBK md.39 uyarınca, bir yıl sessiz kalması veya itiraz etmemesi ile arzu edilenden farklı sonuçlanan akıllı sözleşmeyi onayabileceği ifade edilmektedir. Akıllı sözleşmeler yazılırken “değişiklik işlemi” seçeneği konulması ve bu işlemle ifa engeli, def’i ve tasfiye durumlarının koda tanımlanması neticesinde

⁵⁰³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 253; Kahf - Şerif, *el-Ukûdü’z-Zekiyye*, 35; el-Mûnî, *el-Ukûdü’z-Zekiyye Meḥmûmuha ve Mûmeyyizâtüha ve Erkânüha*, 22.

⁵⁰⁴ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 253.

⁵⁰⁵ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 254.

⁵⁰⁶ Kartal, “Smart Contracts”, Eylül 2019/256.

⁵⁰⁷ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 254-255.

akıllı sözleşme edimlerinin değiştirilmesinin veya geri alınmasının mümkün olabileceği ifade edilmektedir.⁵⁰⁸

c. Akıllı Sözleşmenin Çalıştırılacağı Blokzincir Platformunda Hata Olması

Akıllı sözleşmelerin çalıştırılacağı blokzincir platformları oluşturulurken veya sonrasında güncelleme yapılırken hata yapılma ihtimali söz konusudur. Bu platform kurucuları ve geliştiricileri herhangi bir ülkede kurulmuş merkezi bir kurumu teşkil edebilecekleri gibi platform açık kaynak kodlu da olabilir. Açık kaynak kodlu olması durumunda kurucusu belli olabilir veya olmayabilir ancak sonrasında bu açık kaynak kodun birçok farklı kişi tarafından geliştirilmesi söz konusudur. Mahkemeler platform hatasından kimin sorumlu olacağına haksız fiil hukuku çerçevesinde çözüm bulmaya çalışabilir.⁵⁰⁹ Açık kaynak kodlu platformlarda akıllı sözleşmeden doğan zararlardan geliştiricileri sorumlu tutmanın pratikte mümkün olamayacağı belirtilmektedir. Bu anlamda, platform sorumlusu ile akıllı sözleşme tarafları arasındaki hukuki niteliğin tespitinin önemi vurgulanmaktadır.⁵¹⁰ Meydana gelen hata platformdaki güncelleme ihmalinden kaynaklanıyorsa adi saik hatası bağlamında sözleşmenin iptal edilemeyeceği belirtilmektedir.⁵¹¹

d. Oracle'lardan Kaynaklanan Hatalar

Blokzincir platformlarında, bloğun blokzincire eklenme sürecinde gerçekleştirilen doğrulama işleminin dış dönük değil, içe dönük olduğu belirtilmektedir. Yani blokların oluşturulmasına ve işlemlerin başlatılmasına yönelik teknik kuralları uygularlar, blokzincir dışından gerçekleşen olayları ve gelen bilgileri doğrulayamazlar. Dış dünyaya oracle aracılığıyla bağlanırlar.⁵¹² Bu sebeple oracle'lar

⁵⁰⁸ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 256; Kun, "Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions", 153-155.

⁵⁰⁹ Kartal, "Smart Contracts", Eylül 2019/259.

⁵¹⁰ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 258; *Smart Contracts: Legal Framework and Proposed Guidelines for Lawmakers*, 34-35.

⁵¹¹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 259.

⁵¹² Oracle türleri ve hata oluşma ihtimalleri ile ilgili bkz. Kun, "Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions", 156-157; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 299.

tarafından aktarılan bilgilerin yanlış veya eksik olma ihtimali söz konusudur. Dolayısıyla oracle tarafından sağlanan bilgiler doğrultusunda çalışacak akıllı sözleşme kodundan beklenmeyen sonuçlar meydana gelebilir.⁵¹³

B. Akıllı Sözleşmelerde İrade Bozukluklarının Hukuki

Sonuçları

İrade bozukluklarının giderilmesine ilişkin hüküm TBK md.39/1’de düzenlenmiştir. İlgili maddeye göre:

“Yanılma veya aldatma sebebiyle ya da korkutulma sonucunda sözleşme yapan taraf, yanılma veya aldatmayı öğrendiği ya da korkutmanın etkisinin ortadan kalktığı andan başlayarak bir yıl içinde sözleşme ile bağlı olmadığını bildirmez veya verdiği şeyi geri istemezse, sözleşmeyi onanmış sayılır.”

Ayrıca aynı maddenin ikinci bendinde, aldatma veya korkutma sonucu kurulan bir sözleşmenin onanmış sayılmasının tazminat hakkını kaldırmayacağı belirtilmektedir.⁵¹⁴

Türk ve İsviçre Hukukunda irade bozukluğuna bağlanan hükmün niteliğinin tartışmalı olduğu dile getirilmektedir. Türk Borçlar Kanunu’nda irade bozuklukları neticesinde sözleşmeyle bağlı olmama ifade edilmektedir. İsviçre doktrininde “tek taraflı bağlamazlık” kavramının kullanıldığı ve bu kavramın da iptal teorisi veya geçersizlik teorisi ile aynı olduğuna ilişkin farklı görüşlerin olduğu belirtilmektedir. Türk Borçlar Kanunu’nun, hâkim görüşle aynı kabul doğrultusunda, iptal teorisini savunduğu ileri sürülmektedir. TBK’da ifade edilen “bağlı olmama” ve İsviçre doktrinindeki “tek taraflı bağlamazlık” kavramının iptal teorisiyle çelişmediği belirtilmektedir.⁵¹⁵ İptal teorisine göre, irade bozukluğuna maruz kalan sözleşme baştan itibaren geçerli bir sözleşmedir ancak iradesi bozulan tarafın iptal beyanıyla geriye etkili olarak yani en baştan itibaren geçersiz olduğu hükmüne varılır.⁵¹⁶

⁵¹³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 259; Dr Eliza Mik, *Smart Contracts: A Requiem*, SSRN Scholarly Paper (Rochester, NY: Social Science Research Network, 07 Aralık 2019) (Social Science Research Network), 6.

⁵¹⁴ Türk Borçlar Kanunu (TBK), md. 39/2.

⁵¹⁵ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 459-460.

⁵¹⁶ Eren, *Borçlar Hukuku Genel Hükümler*, 459; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 262.

İslam Hukuku'nda yanılma sistematik bir biçimde incelenmemiş, çağdaş alimler klasik doktrine bakarak tasniflerde bulunmuşlardır. Yanılmanın tespitiyle ilgili sözleşmenin her iki tarafını mağdur etmeyecek ve hukuk düzenini de bozmayacak orta yol bulmaya çalışmışlardır. Bu bağlamda, yanılmaya konu olan şey karşı tarafça fiilen biliniyorsa, bilinme imkânı varsa, karineler bilinmesini gerektiriyorsa ya da hiçbir surette bilinmese bile istisna kabul edilen durumlardansa yanılan tarafa iptal hakkı tanınmakta veya sözleşme kurulmamış kabul edilmektedir. Bu iki farklı hüküm ise yanılmaya konu olan şeyin mahiyetine göre değişiklik göstermektedir. Yanılmanın İslam Hukuku'ndaki hükmüne ulaşmak için her bir somut olayı birebir değerlendirmek daha sağlıklı olacaktır.

Akıllı sözleşme, taraflarda oluşan irade bozukluklarını tespit edememektedir. Taraflarca tespit edilen irade bozukluğu neticesinde normal şartlarda akıllı sözleşmenin geri alınması mümkün değildir. Böyle bir geri alma işlemi “The DAO”⁵¹⁷ örneğinde olduğu gibi bütün platform kullanıcılarını ilgilendiren ciddi bir durumdur. Bununla birlikte normal şartlarda teknik anlamda imkân olmayışının sözleşmeyi iptal etme hakkını ortadan kaldıramayacağı belirtilmektedir.⁵¹⁸ Böyle bir durumda karşı tarafın kimliğinin diğer tarafça bilinmesi veya bilinse bile karşı tarafla iş birliği sağlanacağı kesin değildir. Mahkeme yoluyla iade talebinde bulunulacak olsa bile aynı şekilde karşı tarafın kimliğinin tespiti problem teşkil edebilir. Kimlik tespiti yapılabilse bile mahkemenin uluslararası açık kodlu bir blokzincir platformu üzerinde herhangi bir yetkisi bulunmaması halinde verdiği kararın bağlayıcılığı tartışılabilir. Ayrıca iade talebinde bulunulan kişinin özel anahtarı ile onay verilmeden iade işleminin yapılması mümkün değildir.⁵¹⁹

Teknik anlamda yürütülen akıllı sözleşmelerin hukuki gerçekliğe uygun olabilmesi için akıllı sözleşme kodlarının yazımı esnasında; özelde irade bozukluklarını gidermek için ayrı bir blok ile iptal beyanında bulunma imkanını, genelde ise hukuk nezdinde sözleşmenin uğraması muhtemel değişikliklerin veya

⁵¹⁷ Ethereum platformu üzerinde kurulan “merkeziyetsiz otonom organizasyon” ile ilgili bkz. Osman Gazi Güçlütürk, “Blockzincir ve Regüle Edilebilirlik”, *Gelişen Teknolojiler ve Hukuk I: Blokzincir ve Hukuk* (İstanbul: On İki Levha Yayıncılık, 2020), 48-51.

⁵¹⁸ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 263.

⁵¹⁹ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 264.

iptallerin ayrı bir blok ile beyan edilme imkanını sağlayan kodlamaların çözüm olarak düşünülebileceğinin altı çizilmektedir.⁵²⁰ Değişim veya iptal kodunun suiistimale uğramaması için kanaatimizce, değişim veya iptal kodları mahkemeler veya yetkili merciler tarafından tetiklenmelidir.⁵²¹ Zira, akıllı sözleşmeler yazılırken sözleşmeyi çalıştırmak için komut gönderilmektedir. Bu komutları kimlerin gönderebileceği de sözleşme yazılırken public, private, external ve internal olarak belirtilebilmektedir.⁵²² Bu bağlamda, akıllı sözleşme ile ilgili mahkeme tarafından verilen kararın sadece yetkili kişilerin özel anahtarları ile imzalaması sonucunda çalışabilen değişim veya iptal fonksiyonları kodlanabilir.

Bir akıllı sözleşmede kripto birim gönderimiyle akıllı sözleşme çalıştırıldıktan sonra iptal gerektiren bir durum ortaya çıkarsa kripto biriminin emtia olarak kabul edildiği durumda mahkemeye istihkak davasının açılması gerektiği, aksi durumda sebepsiz zenginleşme davasının açılması gerektiği belirtilmektedir.⁵²³

VII. İslam Hukuku'na Göre Akıllı Sözleşmelerin Hükmüne İlişkin Görüşler

İyaşi Fidad'a göre, akıllı sözleşmelerin İslam Hukuku açısından hükmü, kullanım yerine, çalıştığı platforma ve teknik olarak uygulama biçimlerine göre farklılık arz etmektedir.⁵²⁴

1- Akıllı sözleşmelerin mahzurlu sayılabilecek özelliklerini ortadan kaldıran özel blokzincirler üzerinde kurulan ve çalıştırılan akıllı sözleşmelerin İslam Hukuku açısından mahzurlu olmadığı belirtilme ve cevaz verilmektedir. Bu özel blokzincirlere bankalar veya sigorta şirketleri gibi devlet kontrolünde

⁵²⁰ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 256,264; Kun, "Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions", 153-155.

⁵²¹ Meyer, *Stopping the Unstoppable - Termination and Unwinding of Smart Contracts*, 14; Kartal, "Smart Contracts", Eylül 2019/259; Kun, "Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions", 159-168; Meyer, *Stopping the Unstoppable - Termination and Unwinding of Smart Contracts*, 13; Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 300.

⁵²² bkz.: yuk. İkinci Bölüm, I/F, s.62.

⁵²³ Çağlayan Aksoy, *Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları*, 267; Kartal, "Smart Contracts", Eylül 2019/257; Kun, "Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions", 150.

⁵²⁴ es-Sadık, *el-Ukûdü'z-Zekiyye*, 45-49.

bulunan kurumlar örnek verilmektedir. Bununla birlikte, her bir sözleşme için İslam Hukuku'nun koyduğu şartlar ve genel ilkelere riayet edilmesi, kullanılacak kripto biriminin yürürlükte olan kanunlara uygun olması ve denetim organları tarafından izin verilmiş olması gerekli görülmektedir.

2- Devletin koyduğu kurallar çerçevesinde hareket eden özel şirket mahiyetindeki platformlar üzerinde izin verilen kripto para birimleri ile yapılacak akıllı sözleşmelere, İslam Hukuku şartlarına ve genel ilkelerine riayet edildiği takdirde, cevaz verilmektedir.

3- Merkezi olmayan açık blokzinciri kullanılmasıyla birlikte kimlik tespiti sağlanabiliyor ve şeri olarak mütekavvim kabul edilebilecek altın, itibari para, kıymetli evrak gibi birimlere endeksli kripto birimleri ya da devletin çıkardığı kripto birimleri ile akıllı sözleşmeler kuruluyorsa, İslam Hukuku şartlarına ve genel ilkelerine riayet edildiği takdirde, cevaz verilmektedir.

4- Mevcut durumda, merkezi olmayan açık blokzincirler platformları üzerinde kurulan akıllı sözleşmelere, aşağıda belirtilen nedenlerden ötürü, tevakkuf hükmü verilmiştir.

- Yetkili organlar tarafından onay verilmeyen veya şeri olarak mütekavvim kabul edilebilecek altın, itibari para, kıymetli evrak gibi birimlere endekslenmeyen kripto birimleri kullanılması.
- Kripto para birimlerinin kanunlar tarafından henüz kabul edilmemesi.
- Blokzincir teknolojisinin ve akıllı sözleşme uygulamalarının yeni olması nedeniyle teknik hatalar çıkma ihtimali.

İslam Borçlar Hukuku açısından konuyu ele alanlar, akıllı sözleşmeler için yeni ortaya çıkan sözleşmeler ya da isimsiz sözleşmeler gibi nitelendirmelerde bulunmaktadırlar.⁵²⁵ Ancak akıllı sözleşmeler, yeni bir sözleşme türü olmaktan ziyade mevcut sözleşmelerin kuruluşunda ve ifasında birtakım değişimler olarak

⁵²⁵ es-Sadık, *el-Ukûdü 'z-Zekiyye*, 24.

düşünülebilir.⁵²⁶ Nitekim elektronik ortamda yapılan bir satış sözleşmesi veya kira sözleşmesi farklı bir sözleşme türüne evirilmemektedir. Bu tür farklılık arz eden sözleşmelerin, İslam Hukuku'nun gerekli gördüğü adaleti ve iyiliği gözetme; aldatma, zulüm, garar, tedlis, aldanma, riba ve benzeri yasaklanan hususlardan kaçınma gibi genel ilkeler çerçevesinde incelenmesi gerektiği belirtilmiştir. Sözleşmelerin kurulmasına yönelik örfün etkili olduğu vurgulanmakta, sözleşmelerin kurulması için mecburi bir dil veya fiil olmadığı, sözleşmelerin kurulması için herhangi bir şekil şartının bulunmadığı, aksine İslam Hukuku'nun tayin ettiği sınırlar dışında örfün etki ettiği belirtilmektedir.⁵²⁷ İslam fıkıh akademisinin bu tür yenilik getiren akitler için genel ilke ve esasların uygulanması gerekliliği birlikte ibâha-i asliyye kuralını benimsediği aktarılmaktadır.⁵²⁸

Bunun yanı sıra hukuk nezdinde kabul edilen kripto birimlerin kullanımı, kimlik tespiti ve İslam Hukuku'nun genel ilkelerine uyum gibi belirli şartları sağlayan akıllı sözleşmelerin geçerli olacağı belirtilmektedir.⁵²⁹

Kutup Mustafa Sanu'ya göre, akıllı sözleşmeler “sözleşme” olarak kabul edilmemekte ve geleneksel anlamda yapılmak istenen sözleşmelerin aracı ve yöntemi olarak görülmektedir. Dolayısıyla sözleşmelerin helallik ve haramlık gibi hükümleri ile yöntemi ifade eden bu akıllı şartların arasını ayırmak gerektiği belirtilmektedir. Bu anlamda, her bir sözleşmenin kendi içinde, İslam'ın koyduğu ilke ve esaslar çerçevesinde helal-haram ya da sahih-batıl olarak nitelendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.⁵³⁰ Akıllı şartların, “*Ey iman edenler! Sözleşmeleri yerine getirin*”⁵³¹ emri ve ahde vefa ilkesi doğrultusunda hareket ettiğinin altı çizilmekte ve caiz görülmektedir.⁵³² Akıllı şartların kripto birimler ile ilişkisine gelince, birçok İslam aliminin kripto birimlerle ilişkisi sebebiyle akıllı şartlara cevaz vermediği ifade

⁵²⁶ Kun, “Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions”, 142.

⁵²⁷ es-Sadık, *el-Ukûdü’z-Zekiyye*, 22-23.

⁵²⁸ es-Sadık, *el-Ukûdü’z-Zekiyye*, 24; Cümeyle, *el-Ukûdü’z-Zekiyye Vâkı’uha ve Alâkatüha bi’l-Umlâti’l-İftiraziyye*, 30,78.

⁵²⁹ es-Sadık, *el-Ukûdü’z-Zekiyye*, 45-46.

⁵³⁰ Sânu, *el-Ukûdü’z-Zekiyye fî Dav’i’l-Usûl ve’l-Makâsîd ve’l-Maâlât*, 43.

⁵³¹ *el-Mâide*, ts., 5/1.

⁵³² Sânu, *el-Ukûdü’z-Zekiyye fî Dav’i’l-Usûl ve’l-Makâsîd ve’l-Maâlât*, 37; Kun, “Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions”, 158.

edilmektedir.⁵³³ Ancak Sanu'ya göre, Almanya, Birleşik Arap Emirlikleri gibi birçok ülke veya şirket tarafından kripto birimlerinin kabul görmesi, kripto birimlerin caiz görülmemesine sebep olan etkenlerin giderildiği yeni kripto birimleri çıkarılması ve ileriye yönelik bu teknolojilerinin yaygınlaşacağı öngörüsü sebebiyle⁵³⁴ kripto birimlilerinin akıllı şartların meşruiyeti üzerinde etkisi bulunmamaktadır.⁵³⁵



⁵³³ Sânu, *el-Ukûdü 'z-Zekiyye fî Dav' i 'l-Usûl ve 'l-Makâsîd ve 'l-Maâlât*, 42.

⁵³⁴ Sânu, *el-Ukûdü 'z-Zekiyye fî Dav' i 'l-Usûl ve 'l-Makâsîd ve 'l-Maâlât*, 41-42; Araalan, “Akıllı Sözleşmeler”, 510-511; *Dünyadan Blokzinciri Regülasyonları ve Uygulama Örnekleri*, 34-36.

⁵³⁵ Sânu, *el-Ukûdü 'z-Zekiyye fî Dav' i 'l-Usûl ve 'l-Makâsîd ve 'l-Maâlât*, 39-40.

SONUÇ

Temelini kriptografi, dağıtık defter teknolojisi, mutabakat protokolleri üzerine yapılan çalışmaların oluşturduğu blokzincir teknolojisi 2008 yılından beri gelişmeye ve yaygınlık kazanmaya devam etmektedir. İlk ortaya çıktığında merkeziyetsiz ve üçüncü kişilerin müdahalesine kapalı bir altyapı kurulmuştur. Bu altyapı, insanların kendi malvarlıkları üzerinde bağımsız olmalarını amaçlamıştır. Blokzincir 1.0 olarak ifade edilen ve kripto birim transferi üzerine kurulan blokzincir platformları yerini, blokzincir 2.0 olarak ifade edilen, varlık transferi sağlayan, üzerinde merkeziyetsiz uygulamalar ve akıllı sözleşmeler kurulmasına imkan sağlayan blokzincir platformlarına bırakmıştır. Dördüncü sanayi devriminin beraberinde getirdiği yapay zekâ, makine öğrenimi, nesnelerin interneti, bilgi ve bilişim teknolojileri doğrultusunda blokzincir teknolojisi üzerinde ortaya konan fikirler gelişecektir. Blokzincir 2.0'ın ilk ve en büyük platformu 2013 yılında temelleri atılan Ethereum blokzinciridir. Ethereum blokzincirinin desteklenmesi, geliştirilmesi, ölçeklendirilmesi ve şirketler, resmî kurumlar, bankalar, borsalar gibi büyük ölçekli kuruluşların Ethereum blokzincirine uyum sağlaması ya da Ethereum blokzinciri üzerinde özel kurumsal blokzincirler kurması için Enterprise Ethereum Alliance kurulmuştur. Üyeleri arasında Microsoft, J.P Morgan Chase Bank, Kanada Ulusal bankası gibi büyük kuruluşların olması Ethereum'un önemini gözler önüne sermektedir. Genel anlamda akıllı sözleşme kavramı, hukuki sonuç doğurmaya yönelik yapılan işlemlerden fazlasını ifade etmektedir. Çalışmamızda, hukuki sonuç doğurmaya yönelik yapılan işlemleri ifade eden akıllı sözleşmelerin, Türk Borçlar Hukuku ve İslam Borçlar Hukuku açısından kurulma anı tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca Ethereum akıllı sözleşmelerinin mevcut teknik yapısının Türk Borçlar Hukuku ve İslam Borçlar Hukuku esaslarıyla çatıştığı noktalar incelenmiştir. Bu noktalar, sözleşme taraflarının kimliklerinin tespiti, sözleşmelerde şekil şartları ve yanılma (galat) özelinde irade bozukluğu ile sınırlandırılmıştır.

Akıllı sözleşmeler, Türk Borçlar Hukuku'nda sözleşme serbestisi ilkesiyle ve İslam Borçlar Hukuku'nda ibâha-yı asliyye ilkesiyle temellendirilmektedir. Ethereum akıllı sözleşmelerinde irade beyanları genellikle dolaylı olarak gerçekleştirilmektedir. Birbirleriyle interaktif iletişimde olan tarafların açık

blokzincir üzerinde kurduğu akıllı sözleşmelerde veya özel blokzincir üzerinde kurulan akıllı sözleşmelerde ise irade beyanları doğrudan gerçekleşmektedir. Bu bakımdan, genel itibariyle akıllı sözleşmeler hazır olmayan kimseler arasında yapılan sözleşmeler kapsamında değerlendirilmektedir. Ayrıca icap açık bir şekilde gerçekleşmekte, kabul ise doğrudan akıllı sözleşme şartlarından birinin yerine getirilmesiyle örtülü irade beyanı kapsamında değerlendirilmektedir. Türk Borçlar Hukuku'nda, kanunda belirtilen hükümler hariç, irade beyanları herhangi bir şekle tabi değildir. İslam Borçlar Hukuku'nda da irade beyanları herhangi bir şekle tabi değildir ve iradeyi kesin olarak ifade ettiği sürece geçerlidir. Dolayısıyla akıllı sözleşmelerde irade beyanlarının kod diliyle gerçekleştirilmesi mümkündür. Belirtmek gerekir ki akıllı sözleşmelerde icabın kod diliyle yazılması mecburidir. Kabul ise başka bir akıllı sözleşme tarafından çağrı gönderilerek beyan edilirse kod diliyle yapılmış sayılır. Bu bakımdan akıllı sözleşmelerde icabın ve ilgili durumda kabulün iradi şekil şartına bağlı olduğu söylenebilir.

Akıllı sözleşmelerin döngüsel kodlarla yazılabilmesi nedeniyle yinelenen icap söz konusu olabilir. Bu durumda sözleşme konusu olan malın miktarı önemlidir. Nitekim stokta olmayan bir ürünün satımı hususunda satıcı icabıyla bağlı olmak istemeyebilir. İslam Borçlar Hukuku'na göre stokta olmayan bir ürünün satışa çıkarılması sözleşme müzakeresi, vaad/muvaade ya da istisnâ kapsamında değerlendirilebilir. Akıllı sözleşme kodunun icap veya icaba davet olarak kabul edilmesi sözleşme konusu malın veya hizmetin niteliğine göre değişmektedir. Türk Borçlar Kanunu md.8/2'ye, İslam Fıkıh Akademisi'nin altıncı toplantısında alınan 52. karara ve AAOIFI'nin 38. maddesine atıfla aksine yönelik bir karine bulunmadıkça umuma yapılan icap, icaba davet değil, icap kabul edilmektedir. Bu karineyi mal miktarı ve hizmet mahallinin sınırı veya muhatabın kimliği oluşturabilir. Nitekim, mal miktarı ve hizmet mahalli sınırlı olursa bu durum aleni icap mahiyetinde olan akıllı sözleşmenin kodunda belirtilmelidir. Aksi halde icaba davet söz konusu olur. Ayrıca, ev satımında olduğu gibi, karşı tarafın kimliğinin önemli olduğu sözleşmelerde icaba davet söz konusudur. Akıllı sözleşmelerde dijital ürün veya hizmetin ya da NFT ile patentlenen bir malın umuma arz edilmesi icap olarak kabul edilir. Ancak dijital olmayan bir malı veya hizmeti temsil eden Token'ın

akıllı sözleşme ile umuma arz edilmesi aksini gösteren karine olmadıkça icap sayılır. Dijitalize edilmiş malı veya hizmeti temsil eden Token'ın kabzedilmesi İslam Borçlar Hukuku'na göre hükmî kabz kapsamında değerlendirilebilir.

Akıllı sözleşmelerde icap ve kabul ayrı bloklar içinde yer almaktadır. Akıllı sözleşme kodunun kendisi icap beyanı, akıllı sözleşme kodunu çalıştırmak üzere gelen çağrı ise kabul beyanıdır. Akıllı sözleşmelerde teknik açıdan üç önemli adım bulunmaktadır. Birincisi işlemin kriptografik imza ile onaylanması, ikincisi işlemin bir blok içinde blokzincire eklenmesi ve üçüncüsü en fazla on iki blok daha eklenmek suretiyle çatallaşma ihtimalinin ortadan kalkmasıdır. Çalışmamızda icap ve kabul beyanının ne zaman gerçekleştiği ayrı ayrı ele alınmış ve sözleşmenin kurulma anı tespit edilmeye çalışılmıştır. Akıllı sözleşmelerde icap, içerik gizli tutulmak istenmeyip, akıllı sözleşmenin çalıştırıldığı platform kullanıcılarının geneline, belirli bir kişiye veya internet aracılığıyla umuma yöneltilebilir. İlk durumda çatallaşma ihtimali ortadan kalktığı anda icap gerçekleşmiş kabul edilebilir. İkinci durumda belirli olan kişi ile sözleşme müzakere edilebilir veya belirli biriyle iltihakî sözleşme kurulabilir. Her iki ihtimalde de icap, çatallaşma ihtimalinin ortadan kalkmasıyla değil, blokzincire eklenen akıllı sözleşme içeriğinin hâzır olan kimseye beyan edilmesiyle veya belirli bir kimseye internet üzerinden gönderilmesiyle gerçekleşir. Ancak hâzırlar arasında doğrudan akıllı sözleşme kurulacaksa muhatabın sözleşme içeriğinden haberdar olması sebebiyle icap, çatallaşma ihtimalinin kalkmasıyla kurulur. Üçüncü durumda çatallaşma ihtimalinin ortadan kalkmasıyla değil, internet üzerinden sözleşme içeriğinin ilan edilmesiyle icap gerçekleşir. Sözleşmenin kurulma anının tespiti akıllı sözleşmenin hâzırlar arasında olup olmamasına göre değişmektedir. Hâzırlar arasında kuruluyorsa kabul iradesi beyan edildiği anda sözleşme kurulmaktadır. Hâzır olmayanlar arasında, TBK md.5/1 ve md.11 uyarınca, icapta bulunanın hakimiyet alanına kabulün ulaştığı an sözleşme kurulmakta; kabul beyanının gönderildiği andan itibaren geriye etkili olarak hükümlerini doğurmaktadır. Bu bakımdan kabul, icap sahibine ulaşmazsa sözleşme batıl kabul edilmekte, icap sahibine ulaşması durumunda ise kabulün gönderildiği ana istinat ederek hükümlerini doğurmaktadır. İslam Fıkıh Akademisi, hâzır olmayanlar arasındaki sözleşmede icabın varmasını ve sözleşmenin kurulması için kabulün

varmasını esas almaktadır. Dolayısıyla Türk Borçlar Hukuku ve İslam Borçlar Hukuku kabul beyanının muhatabın hakimiyet alanına varmasını esas almıştır. Akıllı sözleşmelerde, genel olarak, icap veya kabul iradeleri beyan edilirken taraflar interaktif biçimde beraber olmadıkları için hazır olmayanlar arasında kurulan sözleşmeye ilişkin hükümlerin geçerli olması gerekmektedir. Ancak akıllı sözleşmelerin yaygınlaşmasıyla küçük işletmelerde veya bireyler arasında yapılan işlemlerde akıllı sözleşme kullanımı söz konusu olabilir. Böylelikle akıllı sözleşmelerin hazırlar arasında kurulabileceğine dikkat çekmek gerekmektedir. Kanaatimizce, kabul beyanını içeren blok, blokzincire eklenip çatallaşma ihtimali ortadan kalktığı an sözleşme kurulmakta ve hüküm bloğun eklendiği ana istinat etmektedir. Türk Borçlar Hukuku'nun kabul ettiği karma teori akıllı sözleşmelere şu şekilde uyarlanabilir. Çatallaşma ihtimalinin ortadan kalkmasıyla sözleşme kurulmakta ancak hükümleri kabul beyanını içeren bloğun blokzincire eklendiği andan itibaren başlamaktadır. Bu görüş Hanefi mezhebinin “sonradan verilen icazet önceden verilmiş vekalet gibidir” genel kuralı ile temellendirilebilir. Nitekim bu genel kurala göre sözleşme sonradan verilen izin ile inikad etmekte ancak hükümlerini geriye istinat ederek doğurmaktadır. Akıllı sözleşmede de madencilerin en uzun blokzinciri tespit etmesiyle çatallaşma ihtimali ortadan kalkmakta ve daha önceden zincire ekledikleri bloklarda yer alan kabul beyanları itibarıyla sözleşme hükmünü doğurmaktadır. Ethereum'un mevcut durumunda çatallaşma ihtimalinin kesin olarak ortadan kalkması için kabul beyanını içeren bloğun üzerine on iki blok eklenmesi gerektiği belirtilmektedir. Ancak Ethereum blokzincirinde çatallaşan blokların listesine bakıldığında, çatallaşan blokların bir ila üç bloktan fazla olmadığı görülmektedir. Her bir bloğun ortalama 15 saniyede ve en geç 19 saniyede blokzincire eklenmesi sebebiyle akıllı sözleşmenin kurulması en geç 3 dakika 48 saniye sonra gerçekleşecektir. Sert çatallaşma ihtimali çok düşük de olsa, yumuşak çatallaşma ihtimali veya aynı anda farklı iki bloğun blokzincire eklenme ihtimali dikkate alınmalıdır.

Akıllı sözleşme taraflarının fiil (edâ) ehliyetine sahip olması gerekmektedir. Ancak bir dizi harf ve rakamı temsil eden takma adların gerçek kimliğinin tespit edilmesi problem teşkil etmektedir. Özel blokzincirlere katılım esnasında kimlik

tespitinin mümkün olduğunu belirtmek gerekir. Açık blokzincirlerde ise tarafların anonim değil de psödonim olduklarına, elektronik sözleşmelerde “görünen durum teorisi” esas alınarak tarafların birbirinin gerçek kimliklerini bilmesine gerek olmadığına ve açıkça kimlik beyanı gerek görülmediğine ilişkin görüşler ileri sürülmektedir. Kanun koyucuların ise kimlik tespiti problemini; açık bir düzenleme getirerek, fiil ehliyetini bilecek ölçüde kimlik tespiti yaparak veya kimlik tespitini sağlayan bir teknik alt yapı kurarak aşabileceği belirtilmektedir. Açık ağ yapısına sahip olan Ethereum blokzinciri incelendiğinde pratikte merkeziyetsizliği ve anonimliği azaltan uygulamalar bulunmaktadır. Bu uygulamalar cüzdan hizmet sağlayıcıları, ödeme hizmet sağlayıcıları, borsalar, oracle, bankalar ve benzeri merkezi oluşumlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin bir cüzdan hizmet sağlayıcısı olan MetaMask gizlilik politikasında ad, soyad, doğum tarihi ve cinsiyet gibi kimlik bilgilerini; e-posta ve telefon gibi iletişim bilgilerini; kredi kartı ve benzeri finansal bilgileri kullanıcılarından toplayabileceklerini açıklamaktadır. Binance ve Coinlist gibi borsa uygulamaları kimlik tespiti yapmaktadır.

Türk Borçlar Hukuku’nda adi yazılı şekil ve resmi şekil olmak üzere iki çeşit kanuni şekil vardır. İslam Borçlar Hukuku’nda ise şekil şartı öngörülmemektedir. Ancak kanunda belirtilen resmi şekil şartlarına, akar satımı özelinde, İslam Borçlar Hukuku açısından da itibar edileceği belirtilmektedir. Ayrıca hem iradi şekil şartlarının hem de kanuni şekil şartlarının İslam Borçlar Hukuku’nda sözleşmenin mülaimi olarak koşulan şart olarak değerlendirilebiliriz. TBK md.14/2’ye bakıldığında, iletişim araçlarıyla yapılan sözleşmelerde saklanabilen metinler ve güvenli elektronik imza vurgusu dikkat çekmektedir. Akıllı sözleşmelerde metin kodlar olarak hazırlanmaktadır. Bu bakımdan tarafların anlayabileceği şekilde sunulmalıdır. Bu da kodların doğal dile tercümesini gerektirmektedir. Kod dilinin tercüme edilmesi, yeminli tercüman gibi yardımcı kişi niteliği taşıyan tercümanların kapsamına dahil edilebilir. Güvenilir elektronik imzada kişinin kimliği imzasıyla eşleştirilmektedir ve Elektronik İmza Kanunu’na göre bu işlem sertifika hizmet sağlayıcıları tarafından yapılabilir. Türk Hukuku’na göre kimlik tespiti yapılabilirse bile güvenilir imza yetkili kurumlar tarafından verilebilmektedir. Bu durumda yetkili kurumlar blokzincir teknolojisine entegre edilebilir veya yasal bir

blokszincir platformu oluşturulması durumunda kimliği tespit edilen kişiye verilen kriptografik özel anahtar geçerli kabul edilebilir. Ancak resmi şekil şartlarında gerekli görülen ıslak imza kaldırılmadığı sürece blokszincir teknolojisine uyum sağlaması zor gözükmektedir. Islak imzanın tarafları uyarma, düşünmeye sevk etme gibi amaçları göz önüne alındığında blokszincirde kullanılan kriptografik imza bu amaçları sağlamada zayıf kalabilir. Türk Borçlar Hukuku'na göre kanuni şekil şartlarına aykırı davranmanın hkm butlan veya kendine özgü geersizliktir. Ancak tarafların bilinçli bir şekilde şekle aykırı olarak ifada bulunmalarıyla sözleşme geçerlilik kazanır ve taraflar iade talebinde bulunamazlar. Bir diğer durum ise karşı tarafı aldatarak şekle aykırı olarak kurulan sözleşmede ifa gerçekleşmişse aldatan taraf iade talebinde bulunamaz. İslam Borçlar Hukuku'na göre sözleşmenin mlaim şartlarına uyulmazsa bu durum sözleşmenin kurulmasına engel olmaz ancak şartı koşan tarafa veya taraflara fesih hakkı tanınır.

Yanılma (galat), beyan yanılması veya saik yanılması olarak tezahür edebilir. Türk Borçlar Hukuku ve İslam Borçlar Hukuku'na göre yanılmanın açık veya bilinebilir olması gerekmektedir. Nitekim yanılma, kişinin kendisiyle alakalı bir durum olduğu için hukuk nezdinde dikkate alınabilmesi için tespit edilebilir olması gerekmektedir. Akıllı sözleşmelerde yanılma farklı şekillerde ortaya çıkabilir. Akıllı sözleşme kodunu anlamadığının farkında olarak sözleşmeyi kuran kişi yanılma hükümlerine dayanarak sözleşmeyi iptal edemeyecektir. Nitekim, yanılma için farkında olmama ve bilinçsizlik durumu gereklidir. Tarafların iradeleri yanlış veya eksik programlanmış olabilir. Blokszincir platformundaki hata sebebiyle oluşan yanılma durumunda ise haksız fiil çerçevesinde çözüm aranabilir ancak açık kaynak kodlu yazılımlarda sorumlunun tespiti mümkün olmayabilir. Yanılma oracle'lardan da kaynaklanabilir. Nitekim blokszincir dışından aktarılan bilgilerin eksik veya yanlış olma ihtimali vardır. Türk Borçlar Hukuku'nda yanılma sebebiyle irade bozukluğu yaşayan tarafın sözleşmeyi iptal hakkı olduğu belirtilmekte ve iptal edilmesiyle sözleşme en baştan itibaren geçersiz kabul edilmektedir. İslam Hukuku'na göre yanılmaya konu olan şey karşı tarafça fiilen biliniyorsa, bilinme imkânı varsa, karineler bilinmesini gerektiriyorsa ya da hiçbir surette bilinmese bile istisna kabul edilen durumlardansa yanılan tarafa iptal hakkı tanınmakta veya sözleşme hiç

kurulmamış kabul edilmektedir. Bu iki farklı hüküm ise yanılmaya konu olan şeyin mahiyetine göre değişiklik göstermektedir. Yanılmanın İslam Hukuku'ndaki hükmüne ulaşmak için her bir somut olayı birebir değerlendirmek daha sağlıklı olacaktır. Akıllı sözleşmeler irade bozukluklarını tespit edemezler. Ancak bu durum irade bozukluğu durumunda tarafların hukuki haklarını iptal ettiği anlamına gelmemektedir. Akıllı sözleşmelerin hukuki gerçekliğe uygun olabilmesi için akıllı sözleşme kodlarının yazımı esnasında; özelde irade bozukluklarını gidermek için ayrı bir blok ile iptal beyanında bulunma imkanını, genelde ise hukuk nezdinde sözleşmenin uğraması muhtemel değişikliklerin veya iptallerin ayrı bir blok ile beyan edilme imkanını sağlayan kodlamalar çözüm olarak düşünülebilir. Değişim veya iptal kodunun suiistimale uğramaması için bu kodlar “private call” olarak yazılabilir ve sadece mahkemeler veya yetkili merciler tarafından tetiklenebilir. Şayet iptal veya değişim kodu yazılmadıysa işlem geri alınamaz ve taraflar sebepsiz zenginleşme veya istihkak davası ile çözüm arayabilirler.

Çağdaş İslam Hukukçularından bazıları, özel blokzincir üzerinde veya kimlik tespiti gibi mahzurların giderildiği açık blokzincir üzerinde kurulan ve devletin kabul ettiği kripto birimler ya da altın, itibari para gibi değerlere endeksli kripto birimlerin kullanıldığı akıllı sözleşmeleri, İslam Hukuku'nun genel ilkelerine ve şartlarına riayet edildiği takdirde, caiz görmektedirler. Bu sınırlar dışında kalan akıllı sözleşmelerin hükmüyle ilgili tevakkuf etmişlerdir. Bazı Çağdaş İslam Hukukçuları ise akıllı sözleşmeleri, sözleşme olarak kabul etmemekte bilakis sözleşmelerin aracı ve yöntemi olarak görmektedirler. Dolayısıyla sözleşmelerin helallik ve haramlık gibi hükümleri ile yöntemi ifade eden bu akıllı şartların arasını ayırmak gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca akıllı sözleşmelerin kripto birimlerden bağımsız olamayacağına dair bir algı söz konusudur. Mevcut duruma bakıldığında açık blokzincir temelli oluşturulan akıllı sözleşmelerde itibari parayla veya blokzincir platformunun kendi kripto birimi dışında başka bir kripto birimiyle komisyon ücreti ödenmesi zor gözükmektedir. Nitekim, her blokzincir platformundan, kendi kripto biriminin değerlendirilmesi ve hacminin artması için birçok işlemde kendi kripto birimini kullanmayı teşvik etmesi beklenen bir durumdur. Akıllı sözleşmelerin kripto birimlerden bağımsız olamayacağına dair bir algı söz konusudur. Ancak geleneksel

finans kurumlarının blokzincire adaptasyonu sonucunda akıllı sözleşme kurmak için ödenen komisyonun ve akıllı sözleşme bedelinin itibari para ile ödenmesi mümkün görmektedir.



KAYNAKÇA

- Anadolu Ajansı: “Dünyada 3,8 Milyar Kişi Online”, (06.10.2020), (Çevrimiçi) <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/dunyada-3-8-milyar-kisi-online/1504944>, 06.10.2020.
- Ahmet Cevdet Paşa: **Açıklamalı Mecelle (Mecelle-i Ahkam-ı Adliyye)**, Özyurt Matbaacılık., İstanbul, Hikmek Yayınları, 1990.
- **Âl-i İmrân 3/20**, t.y.
- Apaydın, Hacı Yunus: “Galat”, **Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi**, C. 13, İstanbul, TDV Yayın, 1996, s. 297-300.
- Araalan, Cemal: “Akıllı Sözleşmeler”, **Terazi Hukuk Dergisi**, C. 15, No: 163, 2020, s. 502-515.
- Arslan, İsmet Kahraman, Neslihan Öz: “Elektronik Ticaret Sözleşmelerine Uygulanacak Hukuk”, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, C. 19, No: 38, 2020, s. 13-31.
- Atabaş, Hakan: **Blokzinciri Teknolojisi ve Kripto Paraların Hayatımızdaki Yeni Yeri**, İstanbul, Ceres Yayınları, 2018.
- Atahan, Mustafa: “Blockchain Teknolojisi ve Finansal Proje Örneklerinin Karşılaştırılması”, İstanbul, Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2020.
- Ataşen, Kerem: “Blokzinciri ve Akıllı Sözleşmeler: Güvenilir Bir Dijital Sertifikasyon Uygulaması Geliştirilmesi”, Edirne, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.

- Atıcı, Gonca: **Dijital Ekonomi Blokzinciri ve Finansal Sistem**, 1. bs, Ankara, Nobel, 2020.
- Aybakan, Bilal: “Meclis”, **Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi**, C. 28, Ankara, 2003.
- Aydın, Mustafa: “Blokzincir Altyapısı Kullanarak Dijital Kimlik Doğrulama”, İstanbul, T.C. Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.
- Baberti, Ekmeleddin El-: **el-İnaye fi Şerhi'l-Hidaye**, C. 6, al-Maktaba eş-Şamile, t.y.
- Bayram, Aziz Erman: “Güncel Gelişmeler Işığında Elektronik Sözleşmelerin Kurulması”, **TBB Dergisi**, No: 119, 2015.
- “Beeple’s Opus”, **Christies**, (05.08.2021), (Çevrimiçi) <https://www.christies.com/features/Monumental-collage-by-Beeple-is-first-purely-digital-artwork-NFT-to-come-to-auction-11510-7.aspx>, 05.08.2021.
- Binance Academy: “Ağ Etkisi Nedir?”, (25.05.2021), (Çevrimiçi) <https://academy.binance.com/tr/articles/what-is-a-network-effect>, 25.05.2021.
- : “Akıllı Kontratlar Nedir?”, (05.08.2021), (Çevrimiçi) <https://academy.binance.com/tr/articles/what-are-smart-contracts>, 05.08.2021.
- : “Delegated Proof of Stake”, (02.06.2021), (Çevrimiçi) <https://academy.binance.com/tr/articles/delegated-proof-of-stake-explained>, 02.06.2021.

- : “Ethereum 2.0 Nedir ve Neden Önemlidir?”, (28.07.2021), (Çevrimiçi)
<https://academy.binance.com/tr/articles/what-is-ethereum-2-0-and-why-does-it-matter>, 28.07.2021.
- : “Ethereum Casper Nedir?”, (28.07.2021), (Çevrimiçi)
<https://academy.binance.com/tr/articles/ethereum-casper-explained>, 28.07.2021.
- : “Ethereum Nedir?”, (29.07.2021), (Çevrimiçi)
<https://academy.binance.com/tr/articles/what-is-ethereum#how-does-ethereum-work>, 29.07.2021.
- : “Hard Fork ve Soft Fork Nedir?”, (10.05.2021), (Çevrimiçi) <https://academy.binance.com/tr/articles/hard-forks-and-soft-forks>, 10.05.2021.
- : “Proof of Stake (PoS)”, (02.06.2021), (Çevrimiçi)
<https://academy.binance.com/en/glossary/proof-of-stake>, 02.06.2021.
- : “Proof of Work (PoW) Nedir?”, (30.05.2021), (Çevrimiçi)
<https://academy.binance.com/tr/articles/proof-of-work-explained>, 30.05.2021.
- : “Turing Complete”, (21.07.2021), (Çevrimiçi)
<https://academy.binance.com/en/glossary/turing-complete>, 21.07.2021.
- : “Zero-Knowledge Proofs”, (05.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://academy.binance.com/en/glossary/zero-knowledge-proofs>, 05.08.2021.

- Blockchain Türkiye Platformu: “İş Birlikleri”, t.y., (Çevrimiçi) <https://bctr.org/is-birlikleri/>.
- Businessinsider: “SpaceX May Want to Launch 42,000 Internet Satellites”, (08.10.2020), (Çevrimiçi) <https://www.businessinsider.com/spacex-starlink-internet-satellites-itc-filing-30000-additional-42000-total-2019-10>, 08.10.2020.
- Buterin, Vitalik: “Blockchain and Mining”, **Ethereum White Paper**, (15.05.2021), (Çevrimiçi) <https://ethereum.org/en/whitepaper/#blockchain-and-mining>, 15.05.2021.
- Cemal, Muhammed Mahmud el-: “el-Vesâit el-Elektroniyye ez-Zekiyye min Manzûri'l-İslâmî”, Dubai, Islamic Affairs and Charitable Activities Department, Mü'temeru Mecma'i'l-Fıkhî'l-İslâmî ed-Düvelî ed-Devratü'r-Rabi'a ve'l-'İşrûn, 2019.
- Clifford Chance: “Smart Contracts: Legal Framework and Proposed Guidelines for Lawmakers”, European Bank for Reconstruction and Development, 10.2018, (Çevrimiçi) <https://talkingtech.cliffordchance.com/en/emerging-technologies/smart-contracts/smart-contracts--legal-framework-and-proposed-guidelines-for-law.html>.
- Coding Bootcamps: “How Ethereum Manages Transactions”, (02.08.2021), (Çevrimiçi) <https://www.coding-bootcamps.com/blog/how-ethereum-manages-transactions.html>, 02.08.2021.
- Coinkolik: “Vitalik Buterin Kimdir?”, (09.10.2020), (Çevrimiçi) <https://www.coinkolik.com/vitalik-buterin-kimdir/>,

09.10.2020.

CoinMarketCap: “Ethereum”, (09.10.2020), (Çevrimiçi)
<https://coinmarketcap.com/currencies/ethereum/>,
09.10.2020.

Cümeylî, Ömer: **el-Ukûdü’z-Zekiyye Vâkı’uha ve Alâkatüha bi’l-Umlâti’l-İftiraziyye**, Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019.

Çağlayan Aksoy, Pınar: **Akıllı Sözleşmelerin Kuruluşu ve Geçerlilik Şartları**, 1. bs, İstanbul, On İki Levha Yayıncılık, 2021.

Çakmak, Meltem: “Kripto Paraların Gelişim Süreci, Blokzincir Teknolojisi ve Kripto Paraların Türkiye’de Vergilendirmesi”, İstanbul, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.

Çekin, Mesut Serdar: “Borçlar Hukuku ile Veri Koruma Hukuku Açısından Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler: Hukuk Düzenimizde Bir Paradigma Değişimine Gerek Var Mı? -”, **İstanbul Hukuk Mecmuası**, C. 77, No: 1, 2019, s. 315-341.

Çelik, Uğur: “Kentsel Raylı Sistem Projeleri Özelinde BIM ve Akıllı Sözleşme Entegrasyonu”, İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2020.

Çubukçu, Damla Beril: “Teknik ve Hukuki Yönleriyle Akıllı Sözleşmeler”, İstanbul, Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2020.

- Dannen, Chris: **Introducing Ethereum and Solidity: Foundations of Cryptocurrency and Blockchain Programming for Beginners**, Berkeley, CA, Apress, 2017.
- Davutoğlu, Naci Atalay: “Üçüncü ve Dördüncü Sanayi Devrimleri Arasındaki Temel ve Sistemik Farklılıkların Determinist Bir Yaklaşımla Analizi”, **Management and Political Sciences Review**, C. 2, No: 1, 2020, s. 176-194.
- Dedeoğlu, Daron: **A’dan Z’ye Blockchain**, İstanbul, KODLAB Yayın, 2019.
- Devrim Danyal, Medium: “Ethereum İşlem Maliyeti Nedir / Nasıl Hesaplanır?”, (01.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://devrimdanyal.medium.com/ethereum-i%CC%87%C5%9Flem-maliyeti-nedir-nas%C4%B1l-hesaplan%C4%B1r-99321f73740f>, 01.08.2021.
- Din İşleri Yüksek Kurulu Başkanlığı: “Dijital kripto paraların kullanımının dini hükmü nedir?”, (15.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://kurul.diyinet.gov.tr/Karar-Mutalaa-Cevap/38212/dijital-kripto-paralarin-kullaniminin-dini-hukmu-nedir->, 15.08.2021.
- Doğantekin, Serkan: “15 Dakikada İlk Akıllı Sözleşmemizi Yazalım”, Blog, **Medium**, (05.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://medium.com/@sdogantekin/15-dakikada-i%CC%87lk-ak%C4%B1ll%C4%B1-s%C3%B6zle%C5%9Fmemizi-yazal%C4%B1m-6e8f6b472746>, 05.08.2021.
- Dönmez, İbrahim Kafi: **Fıkıh ve Fıkıh Tarihi İncelemeleri**, ed. Tuncay Başoğlu, İstanbul, İSAM Yayınları, 2018.

- : “Maslahat”, **Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi**, C. 28, Ankara, 2003.
- Durğay, Karaarslan, Zübeyir, Enis: “Blokzinciri Teknolojisinin E-Devlet Uygulamalarında Kullanımı: Ön İnceleme”, Karabük, Akademik Bilişim, 2018.
- Efendioğlu, Muhammet Ali: “Cari Mutabakat ve Ödeme İşlemleri İçin Ethereum Tabanlı Blokzincir Telnolojisinin Kullanımın Önerilmesi”, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisanüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2020.
- Eferrit: “Atlantik Telgraf Kablosu Zaman Çizelgesi”, (07.10.2020), (Çevrimiçi) <https://tr.eferrit.com/atlantik-telgraf-kablosu-zaman-cizelgesi/>, 07.10.2020.
- **el-Ankebût 29/18**, t.y.
- Elektronik İmza Kanunu (EİK), C. 5070, C. 5070 § (2004).
- **el-Mâide**, t.y.
- Ercoşkun Şenol, Kübra: “Sözleşmenin İçeriğini Belirleme Özgürlüğü ve Bunun Genel Sınırı TBK M. 27.”, **İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası**, C. 74, No: 2, 2016, s. 709-738.
- Eren, Fikret: **Borçlar Hukuku Genel Hükümler**, 24. bs, Ankara, Yetkin Yayınları, 2019.
- Erendur, Tuğba: “Elektronik Sözleşmelerde İfa ve Satıcının Elektronik Sözleşmelerdeki ve Diğer Sözleşme Türlerindeki Ayıptan Sorumluluğu”, İstanbul, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.

Erözel “Blockchain Teknolojisinin Finans Sektöründeki Yeri ve
Durbilmez, Uygulamaları”, İstanbul, Marmara Üniversitesi, Sosyal
Serap: Bilimler Enstitüsü, 2018.

- eş-Şûrâ 42/48, t.y.

Ethereum: “ETHEREUM VIRTUAL MACHINE (EVM)”,
(22.07.2021), (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/en/developers/docs/evm/>,
22.07.2021.

———: “Merge”, (28.07.2021), (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/tr/eth2/merge/>, 28.07.2021.

———: “Parça Zincirleri (Shard Chains)”, t.y., (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/tr/eth2/shard-chains/>.

———: “The Beacon Chain”, (30.05.2021), (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/en/eth2/beacon-chain/>, 30.05.2021.

———: “The history of Ethereum”, (28.07.2021), (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/en/history/>, 28.07.2021.

Ethereum “Anatomy of Smart Contracts”, (04.08.2021),
Developers: (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/en/developers/docs/smart-contracts/anatomy/>, 04.08.2021.

———: “Ethereum Accounts”, t.y., (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/en/developers/docs/accounts/>.

———: “Oracles”, (05.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/en/developers/docs/oracles/>,
05.08.2021.

———: “Transactions”, (03.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/en/developers/docs/transactions/>,
03.08.2021.

———: “What is Gas?”, (01.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/en/developers/docs/gas/#what-is-gas>, 01.08.2021.

Ethereum White Paper: “Ethereum Accounts”, (21.07.2021), (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/en/whitepaper/#ethereum-accounts>,
21.07.2021.

———: “Messages and Transactions”, (03.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/en/whitepaper/#messages-and-transactions>, 03.08.2021.

———: “Philosophy”, (21.07.2021), (Çevrimiçi)
<https://ethereum.org/en/whitepaper/#philosophy>,
21.07.2021.

Etherscan: “Forked Blocks”, **Etherscan**, (11.05.2021), (Çevrimiçi)
https://etherscan.io/blocks_forked, 11.05.2021.

European Commission: “European Blockchain Partnership”, (23.08.2021),
(Çevrimiçi) <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/blockchain-partnership>,
23.08.2021.

Fintech İstanbul: “Kredi Kuruluşları da Blockchain Kullanacak”,
(15.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://fintechistanbul.org/2017/05/05/kredi-kuruluslari-da-blockchain-kullanacak/>, 15.08.2021.

- “First-ever qualified electronic signature for blockchain”, **Zurich University**, 28.01.2019, (Çevrimiçi)
<https://www.zhaw.ch/en/about-us/news/news-releases/news-detail/event-news/first-ever-qualified-electronic-signature-for-blockchain/>, 05.06.2021.
- Genç, Coşkun: “Akıllı Sözleşmelerin Hukuki Geleceği Hakkında Değerlendirme”, **İstanbul Barosu Dergisi**, C. 94, No: 4, 2020.
General Data Protection Regulation (GDPR), C. OJ L 127, C. OJ L 127 § (2018).
- Görmez, Burak: “Finansal Sektörde Yıkıcı Yenilik Dağıtılmış Defter Teknolojisi ve Türkiye Sermaye Piyasalarının Durumu”, Ankara, Sermaye Piyasası Kurulu Aracılık Faaliyetleri Dairesi, Yeterlik Etüdü Tezi, 2017.
- Güçlü, Kadir: “Blokzincir Teknolojisi ve Gümrük İşlemlerinde Blokzincir Uygulama Alanlarının İncelenmesi”, Ankara, T.C. Ticaret Bakanlığı, Ticaret Uzmanlığı Tezi Tezi, 2019.
- Güçlütürk, Osman Gazi: “Blockzincir ve Regüle Edilebilirlik”, **Gelişen Teknolojiler ve Hukuk I: Blokzincir ve Hukuk**, 1 cilt, 1. bs, İstanbul, On İki Levha Yayıncılık, 2020.
- : “Hukukçular İçin Blokzincir Teknolojisinin Teknik İşleyişi: Bitcoin Örneği”, **Gelişen Teknolojiler ve Hukuk I: Blokzincir ve Hukuk**, 1 cilt, 1. bs, İstanbul, On İki Levha Yayıncılık, 2020.
- Gürkaynak, Gönenç vd.: “Intellectual Property Law and Practice in the Blockchain Realm”, **Computer Law & Security Review**, C. 34, No: 4, 2018, s. 847-862.

Güven, Özgür: “Dijital Dönüşümde Blokzincir Teknolojisi ve Bitcoin’in Ekonomiye Etkisi”, Aydın, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal ilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2020.

Güven, Vedat: **Blokzincir-Kripto Paralar-Bitcoin Satoshi Dünyayı Değiştiriyor**, İstanbul, Kronik, 2018.

“Güvenli Erişim Modülü”, **TÜBİTAK BİLGEM**, (28.05.2021), (Çevrimiçi)
<https://bilgem.tubitak.gov.tr/?q=tr/urunler/gem-guvenli-erisim-modulu>, 28.05.2021.

Hafif, Ali el-: **Ahkamü’l-Muamelati’ş-Şer’iyye**, Kahire, Darü’l-Fikr el-Arabi, 2010.

Hasen, Ahmed: **er-Ru’yetü’l-Makasidiyye li’l-Ukûdi’z-Zekiyye**, Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019.

Hey’etu’l-Muhasebe ve’l-Muraca’a li’l-Müessesâti’l-Mâliyye: **el-Me’âyîru’ş-şer’iyye**, Bahreyn, Hey’etu’l-Muhasebe ve’l-Muraca’a li’l-Müessesâti’l-Mâliyye, 2017.

Hukuk, Düzenlemeler ve Kamu İlişkileri Çalışma Grubu: **Blokzinciri Teknolojisi ve Terminolojisi Çalışması**, İstanbul, Türkiye Bilişim Vakfı, 2019.

———: “Dünyadan Blokzinciri Regülasyonları ve Uygulama Örnekleri”, Türkiye Bilişim Vakfı, 02.2019.

- Hürriyet: “Dünyanın Yüzde 56’sı İnternet Kullanıyor”, (06.10.2020), (Çevrimiçi)
<https://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/dunyanin-yuzde-56si-internet-kullaniyor-41293004>, 06.10.2020.
- Illinois General Assembly: “Financial Regulation: Blockchain Technology Act”, (23.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://www.ilga.gov/legislation/ilcs/ilcs3.asp?ActID=4030&ChapterID=20>, 23.08.2021.
- Internet Archive Wayback Machine: “Ethereum: The Ultimate Smart Contract and Decentralized Application Platform”, t.y., (Çevrimiçi)
<https://web.archive.org/web/20131228111141/https://vbuterin.com/ethereum.html>.
- İbn Abidin, Muhammed Emin: **Reddü’l-Muhtar**, C. 4, al-Maktaba eş-Şamile, t.y.
- : **Reddü’l-Muhtar**, C. 5, al-Maktaba eş-Şamile, t.y.
- Kahf, Monzer, Muhammed Şerif: **el-Ukûdü’z-Zekıyye**, Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019.
- Kapancı, Berk: “Özel Hukuk Penceresinden Blokzincir: ‘Sanal Para’ Değerleri ve ‘Akıllı Sözleşmeler’ Üzerine Değerlendirmeler”, **Gelişen Teknolojiler ve Hukuk I: Blokzincir**, ed. Eylem Aksoy Retornaz, 1. bs, İstanbul, On İki Levha Yayıncılık, 2020, s. 113-154.
- Kara, Seçkin: “Blok zinciri Teknolojisi Temelli Kitlesel Fonlama Üzerine Bir İnceleme”, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2020.

- Karaman, Ayşe: “MetaMask Nedir?”, **Cointelegraph**, 28.03.2021, (Çevrimiçi) <https://tr.cointelegraph.com/news/what-is-metamask>, 01.06.2021.
- Karatay, Elçin: “‘Blockchain’ Projeleri Özelinde Kişisel Verilerin Korunması Kanunu’na İlişkin Hukuki Değerlendirmeler”, **Medium**, 01.04.2019, (Çevrimiçi) <https://medium.com/solak-partners/blockchain-projeleri-%C3%B6zelinde-ki%C5%9Fisel-verilerin-korunmas%C4%B1-kanununa-ili%C5%9Fkin-hukuki-5fd3c2d700de>, 02.06.2021.
- Kardaş, Süleyman: “Blokzincir Teknolojisi: Uzlaşma Protokolleri”, **DÜMF Mühendislik Dergisi**, C. 10, No: 2, 2019, s. 481-496.
- Kartal, Dilşah Büşra: “Smart Contracts”, C. Eylül 2019, **Law in the Digitalization Era**, ed. Murat Oruç, İstanbul, On İki Levha Yayıncılık, t.y., C. Eylül 2019, s. 235-262.
- Kasani, Alaeddin El-: **Bedâiu’s-Sanâ’**, C. 5, al-Maktaba eş-Şamile, t.y.
- : **Bedâiu’s-Sanâ’**, C. 4, al-Maktaba eş-Şamile, t.y.
- Kaya, Ömer Faruk: “Gayrimenkul Sertifikalarının Blokzincir ile Entegrasyonu”, İstanbul, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2020.
- KC Tam, Medium: “Transactions in Ethereum”, (03.08.2021), (Çevrimiçi) <https://kctheservant.medium.com/transactions-in-ethereum-e85a73068f74>, 03.08.2021.
- Kınacı, Merve: “Blockchain Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmelerin Yaygınlaşmasının Önündeki Engeller”, İstanbul,

Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.

Kirkit, Ecem: “Akıllı Satış Sözleşmelerinin Kuruluşu ve İfası”, **Çukurova Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi**, C. 3, No: 6, 2016, s. 145-166.

KoinFinans: “ADIB, Blockchain Teknolojisini Kullanan İlk Katılım Bankası Oldu”, (23.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://www.koinfinans.com/adib-blockchain-teknolojisini-kullanan-ilk-katilim-bankasi-oldu/>, 23.08.2021.

Kolektif: “Blokzincirlerde Güvenlik ve Mahremiyet”, Araştırma Raporu, İstanbul, TÜBİTAK BİLGEM Blokzincir Araştırma Laboratuvarı, 04.2020.

———: “Herkes İçin Blokzincir-Faz 2”, Araştırma Raporu, 03.2020.

Kula, Önder: “Blokzinciri Tabanlı Ödeme ve Müşteri Sadakat Sistemi Geliştirilerek Enerji Sektörüne Uygulanması”, Isparta, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.

Kun, Eyüp: “Is Insisting on Specific Performance Under Smart Contracts Desirable? Inflexibilities of Smart Contracts and Potential Solutions”, **Bilişim Hukuku Dergisi**, C. 3, No: 1, 2021, s. 139-175.

Küzeci, Elif: “Blokzinciri, Hukuk ve Kişisel Verilerin Korunması: Yeni Bir Güven Mekanizması Kurmak Olanaklı mı?”, **Gelişen Teknolojiler ve Hukuk I: Blokzincir**, 1 cilt, 1. bs, İstanbul, On İki Levha Yayıncılık, 2020.

- **Mâide 5/99**, t.y.
- “Managing Your Accounts”, **Go Ethereum**, (01.06.2021), (Çevrimiçi)
<https://geth.ethereum.org/docs/interface/managing-your-accounts>, 01.06.2021.

Mecmaü’l-Fıkhi’l-İslâmî ed-Düvelî: **Kararât ve Tavsiyât Mecmaü’l-Fıkhi’l-İslâmî ed-Düvelî**, 4. bs, Organisation of Islamic Cooperation, 2021.

Medium: “Blokzinciri üzerinde merkeziyetsiz uygulamalar (dApp): hangi platform?”, (12.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://uwan.medium.com/blokzinciri-%C3%BCzerinde-merkeziyetsiz-uygulamalar-dapp-hangi-platform-6951d786478b>, 12.08.2021.

———: “Ethereum Kurumsal İttifakı (Ethereum Enterprise Alliance) Nedir?”, Blog (20.07.2021), (Çevrimiçi)
<https://medium.com/@MEmin/ethereum-kurumsal-i%CC%87ttifak%C4%B1-ethereum-enterprise-alliance-nedir-464e72c0bda1>, 20.07.2021.

———: “Ethereum Transaction Structure Explained”, (03.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://medium.com/@eiki1212/ethereum-transaction-structure-explained-aa5a94182ad6>, 03.08.2021.

———: “Frontier, Homestead, Metropolis, Serenity”, Blog (28.07.2021), (Çevrimiçi)
<https://medium.com/@pumapay/frontier-homestead-metropolis-serenity-4368d723ca7f>, 28.07.2021.

———: “How does Ethereum work, anyway?”, (05.08.2021),

- (Çevrimiçi) <https://preethikasireddy.medium.com/how-does-ethereum-work-anyway-22d1df506369>, 05.08.2021.
- : “NoSQL Veritabanları”, Blog (04.10.2020), (Çevrimiçi) <https://halisak.medium.com/nosql-veritabanlar%C4%B1-3cf5b01347ad>, 04.10.2020.
- : “Zero-Knowledge Proofs (ZKPs)”, (05.08.2021), (Çevrimiçi) <https://medium.com/codex/zero-knowledge-proofs-zkps-26d26dc2eb26>, 05.08.2021.
- Mesafeli Sözleşmeler Yönetmeliği, C. Resmi Gazete 29188, C. Resmi Gazete 29188 § (2014).
- “MetaMask Nasıl Kullanılır?”, **Binance Academy**, 14.09.2020, (Çevrimiçi) <https://academy.binance.com/tr/articles/how-to-use-metamask#what-is-metamask>, 01.06.2021.
- Meyer, Olaf: “Stopping the Unstoppable - Termination and Unwinding of Smart Contracts”, SSRN Scholarly Paper, Rochester, NY, Social Science Research Network, 29.10.2019, (Çevrimiçi) <https://papers.ssrn.com/abstract=3537477>, 25.08.2021.
- Mik, Dr Eliza: “Smart Contracts: A Requiem”, SSRN Scholarly Paper, Rochester, NY, Social Science Research Network, 07.12.2019, 19.04.2020.
- Mik, Eliza: “From Automation to Autonomy: Some Non-Existent Problems in Contract Law”, **Journal of Contract Law**, 2020.

- Movable Type Scripts: “SHA-256 Cryptographic Hash Algorithm”, (25.10.2020), (Çevrimiçi) <https://www.movable-type.co.uk/scripts/sha256.html>, 25.10.2020.
- Mûnî, İnsaf Eyüp El-: **el-Ukûdü’z-Zekıyye Mefhûmuha ve Mümeyyizâtüha ve Erkânüha**, Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019.
- Murat, Mehmet: “Blockchain ile Güvenli Elektronik Sağlık Sistemi”, İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2018.
- Nakamoto, Satoshi: “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, 2008, (Çevrimiçi) <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- Nasuhoglu, Galip Çağan: “Blockchain Teknolojisiyle Açık Anahtar Altyapısı Tabanlı Elektronik Sertifika Durum Bilgilerinin Yönetilmesi”, Sakarya, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.
- Oğuzman, M. Kemal, M. Turgut Öz: **Borçlar Hukuku Genel Hükümler**, C. 1, 18. bs, İstanbul, Vedat Kitapçılık, 2020.
- Osmanî, Muhammed Taki el-: **Fıkhu’l-Buyû ala’l-Mezâhibi’l-Erbaa**, 2 cilt, C. 1, Dımaşk, Darü’l-Kalem, 2018.
- Ödemelerde Kripto Varlıkların Kullanılmasına Dair Yönetmelik, C. Yönetmelik § (2021).
- Özcan, Doğa: **Blokzincir Mimarisi ve Merkezi Olmayan Uygulamalar**, İstanbul, Pusula, 2019.

- Özer, Yusuf Mansur: “Kişisel Verilerin Korunmasında Blok Zinciri Modeli: Vaatler ve Hukuki Engeller”, İstanbul, İstanbul Bilgi Üniversitesi, Lisansüstü Programlar Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.
- Özgüven, Yetişkin, Cansu, Burak: “GDPR’nın Blokzinciri Üzerindeki Etkisi”, **Blockchain Türkiye**, 12.07.2019, (Çevrimiçi) <https://bctr.org/gdprin-blok-zinciri-uzerindeki-etkisi-9719/>, 20.05.2021.
- Paribu: “6 maddede Chiliz (CHZ)”, (27.05.2021), (Çevrimiçi) <https://www.paribu.com/blog/kriptopara/6-maddede-chiliz-chz/>, 27.05.2021.
- “Privacy Policy”, **Consensys**, 12.10.2020, (Çevrimiçi) <https://consensys.net/privacy-policy/>, 01.06.2021.
- Reviews: “SpaceX Starlink Satellite Internet Uptade 2020”, (08.10.2020), (Çevrimiçi) <https://www.reviews.org/internet-service/spacex-starlink-satellite-internet-review/>, 08.10.2020.
- Sadık, İyaşı Es-: **el-Ukûdü’z-Zekıyye**, Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019.
- Sânû, Kutup Mustafa: **el-Ukûdü’z-Zekıyye fî Dav‘i’l-Usûl ve’l-Makâsıd ve’l-Maâîlât**, Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019.
- Sert, Turan: **Sorularla Blockchain**, PDF:, Türkiye Bilişim Vakfı, t.y.
- Sevsevil, Beyza Sultan: “Elektronik Sözleşmelerin Kuruluş Aşamasında Tüketicinin Korunması”, İstanbul, Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2020.

- Simonton, Dean: “Multiple Independent & Creativity in Science”, **Essays of an Information Scientist**, C. 4, No: 44, 1980, s. 660-665.
- Solidity: “Creating Contracts”, (04.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://docs.soliditylang.org/en/develop/contracts.html#creating-contracts>, 04.08.2021.
- : “Introduction to Smart Contracts”, (24.07.2021), (Çevrimiçi)
<https://docs.soliditylang.org/en/v0.4.25/introduction-to-smart-contracts.html>, 24.07.2021.
- SSD Nedir, Ne İşe Yarar?, Webtekno (04.10.2020), (Çevrimiçi) <https://www.webtekno.com/ssd-nedir-ne-ise-yarar-h88995.html>, 04.10.2020.
- Starlink: “Starlink”, (08.10.2020), (Çevrimiçi) Starlink.com, 08.10.2020.
- Szabo, Nick: “Formalizing and Securing Relationships on Public Networks”, **Firs Monday**, C. 2, No: 9, 1997.
- : “Smart Contracts”, (05.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>, 05.08.2021.
- : “Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets”, (05.08.2021), (Çevrimiçi)
https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html, 05.08.2021.

- : “The Idea of Smart Contracts”, (05.08.2021), (Çevrimiçi)
<https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/idea.html>, 05.08.2021.
- Şahin, Turan: “Elektronik Sözleşmelerin Kuruluşuna İlişkin İrade Beyanları ve Bu Beyanların Geri Alınması”, **TBB Dergisi**, No: 95, 2011.
- Şeker, Muzaffer: “6098 Sayılı Yeni Türk Borçlar Kanununa Göre İnternet Üzerinden Sözleşmelerin Kurulması”, **İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, C. 11, No: 22, 2012.
- Şimşek, Samar, Murat, Mahmut: “İslami Finans Açısından Blokzincir Teknolojisi”, **İslami Finans ve Finansal Teknolojiler (Fintech): Blokzincir-Akıllı Sözleşmeler-Kripto Paralar**, 1 cilt, Konya, Necmettin Erbakan Üniversitesi Yayınları, 2020.
- Talib, Gassan Salim Et-: **el-Umlâtu’r-Rakmiyye ve Alâkatüha bi’l-Ukûdi’z-Zekiyye**, Islamic Affairs and Charitable Activities Department, 2019.
- Tanrıverdi, Mustafa, Mevlüt Uysal, Mutlu Tahsin Üstündağ: “Blokzinciri Teknolojisi Nedir? Ne Değildir?: Alanyazın İncelemesi”, **Bilişim Teknolojileri Dergisi**, 2019, 203-217.
- Tavukçuoğlu, Cengiz: “Bilişim Terimleri Sözlüğü”, Ankara, Asil Yayın Dağıtım, 2010.
- TeleGeography: “Submarine Cable Map”, (07.10.2020), (Çevrimiçi)
<https://www.submarinecablemap.com/>, 07.10.2020.

- Tevetoğlu, Mete: “Ethereum ve Akıllı Sözleşmeler”, **İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi**, C. 12, No: 1, 2021, s. 193-208.
- The New York Times: “How The Internet Travels Across The Oceans”, (07.10.2020), (Çevrimiçi)
<https://www.nytimes.com/interactive/2019/03/10/technology/internet-cables-oceans.html>, 07.10.2020.
- Tikveşli, Ali Osman: “Blok Zincir Teknolojisi ve %51 Sorunsalı”, İstanbul, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.
- Turan, Gamze: “Elektronik sözleşmeler ve elektronik sözleşmelere uygulanacak Hukukun tespiti”, **Türkiye Barolar Birliği Dergisi**, No: 77, 2008, s. 87-119.
- “TÜBİTAK BİLGEM”, **Elektronik Kimlik Doğrulama Sistemi**, (27.05.2021), (Çevrimiçi)
<https://bilgem.tubitak.gov.tr/?q=tr/icerik/ekds-elektronik-kimlik-dogrulama-sistemi>, 27.05.2021.
- Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun (TKHK), C. Resmî Gazete 28835, C. Resmî Gazete 28835 6502 § (2013).
- Türk Borçlar Kanunu (TBK), C. Resmî Gazete 27836, C. Resmî Gazete 27836 6098 § (2011).
- Türk Medeni Kanunu (TMK), C. 4721, C. 4721 § (2001).
- Türkiye Cumhuriyeti Anayasası (AY), C. Resmî Gazete 17863, C. Resmî Gazete 17863 2709 § (1982).

Usta, Ahmet,
Serkan
Doğantekin:

Blockchain 101, Bankalararası Kart Merkezi, t.y.

Wikipedia:

“İnternet”, (06.10.2020), (Çevrimiçi)
<https://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0internet>,
06.10.2020.

———:

“World Wide Web”, (06.10.2020), (Çevrimiçi)
https://tr.wikipedia.org/wiki/World_Wide_Web,
06.10.2020.

Yılmaz, Berat:

“WebRTC İletişim Güvenliğinin Blokzincir Tabanlı Akıllı Kontrat Kullanılarak Arttırılması”, Ankara, Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.

Yılmaz, Reyhan:

“Ürünlerin Tedarikçiden Tüketicie Ulaşmasını Takip Edecek Bir bBok zinciri Sisteminin Tasarlanması”, İstanbul, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2019.

Zerka, Mustafa
Ahmed ez-:

el-Medhalü'l-Fıkhi el-Âmm, 2 cilt, C. 1, Dımaşk,
Darü'l-Kalem, 2004.

———:

el-Medhalü'l-Fıkhi el-Âmm, 2 cilt, C. 2, Dımaşk,
Darü'l-Kalem, 2004.

EKLER

EK 1: İşlem Bazında Ethereum Gass Fee Limitleri

APPENDIX G. FEE SCHEDULE

The fee schedule G is a tuple of 31 scalar values corresponding to the relative costs, in gas, of a number of abstract operations that a transaction may effect.

Name	Value	Description*
G_{zero}	0	Nothing paid for operations of the set W_{zero} .
G_{base}	2	Amount of gas to pay for operations of the set W_{base} .
$G_{verylow}$	3	Amount of gas to pay for operations of the set $W_{verylow}$.
G_{low}	5	Amount of gas to pay for operations of the set W_{low} .
G_{mid}	8	Amount of gas to pay for operations of the set W_{mid} .
G_{high}	10	Amount of gas to pay for operations of the set W_{high} .
$G_{extcode}$	700	Amount of gas to pay for operations of the set $W_{extcode}$.
$G_{balance}$	400	Amount of gas to pay for a BALANCE operation.
G_{sload}	200	Paid for a SLOAD operation.
$G_{jumpdest}$	1	Paid for a JUMPDEST operation.
G_{sset}	20000	Paid for an SSTORE operation when the storage value is set to non-zero from zero.
G_{sreset}	5000	Paid for an SSTORE operation when the storage value's zeroness remains unchanged or is set to zero.
R_{sclr}	15000	Refund given (added into refund counter) when the storage value is set to zero from non-zero.
$R_{suicide}$	24000	Refund given (added into refund counter) for suiciding an account.
$G_{suicide}$	5000	Amount of gas to pay for a SUICIDE operation.
G_{create}	32000	Paid for a CREATE operation.
$G_{codeDeposit}$	200	Paid per byte for a CREATE operation to succeed in placing code into state.
G_{call}	700	Paid for a CALL operation.
$G_{callvalue}$	9000	Paid for a non-zero value transfer as part of the CALL operation.
$G_{callstipend}$	2300	A stipend for the called contract subtracted from $G_{callvalue}$ for a non-zero value transfer.
$G_{newaccount}$	25000	Paid for a CALL or SUICIDE operation which creates an account.
G_{exp}	10	Partial payment for an EXP operation.
$G_{expbyte}$	10	Partial payment when multiplied by $\lceil \log_{256}(exponent) \rceil$ for the EXP operation.
G_{memory}	3	Paid for every additional word when expanding memory.
$G_{xcreate}$	32000	Paid by all contract-creating transactions after the <i>Homestead transition</i> .
$G_{tdatazero}$	4	Paid for every zero byte of data or code for a transaction.
$G_{tdatanonzero}$	68	Paid for every non-zero byte of data or code for a transaction.
$G_{transaction}$	21000	Paid for every transaction.
G_{log}	375	Partial payment for a LOG operation.
$G_{logdata}$	8	Paid for each byte in a LOG operation's data.
$G_{logtopic}$	375	Paid for each topic of a LOG operation.
G_{sha3}	30	Paid for each SHA3 operation.
$G_{sha3word}$	6	Paid for each word (rounded up) for input data to a SHA3 operation.
G_{copy}	3	Partial payment for *COPY operations, multiplied by words copied, rounded up.
$G_{blockhash}$	20	Payment for BLOCKHASH operation.

Kaynak: <https://devrimdanyal.medium.com/ethereum-i-CC%87%C5%9Flem-maliyeti-nedir-nas%C4%B1l-hesaplan%C4%B1r-99321f73740f>