

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BLOKZİNCİRİ (BLOCKCHAIN) TEKNOLOJİSİNİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE
KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Alican KANDİYE

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

TEMMUZ 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BLOKZİNCİRİ (BLOCKCHAIN) TEKNOLOJİSİNİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE
KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Alican KANDİYE
501171102**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Deniz ARTAN

TEMMUZ 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501171102 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi ALİCAN KANDİYE, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BLOKZİNCİRİ (BLOCKCHAIN) TEKNOLOJİSİNİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANIMI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Deniz Artan**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Esin Ergen Pehlevan**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Işıl Tekçe
Özyeğin Üniversitesi

Teslim Tarihi : 15 Haziran 2020
Savunma Tarihi : 22 Temmuz 2020





Ailme,



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe uygulanması, potansiyeli ve uygulama alanları incelenmiş olup teknolojinin sektördeki mevcut sorunların bir kısmına çözüm getirmesi amaçlanmıştır.

Tez konusunu seçiminde ve sonrasında bana her konuda yardımcı olan tez danışmanım Doç.Dr. Deniz ARTAN'a ve hem akademik hayatımda hem de özel hayatımda her zaman destek veren Araş. Gör. Harun TÜRKOĞLU ve Araş Gör. Behlül KULA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Yaşantım boyunca bana destek veren, her zaman yanımda olan varlığından güç aldığım sevgili aileme ne kadar teşekkür etsem azdır.

Temmuz 2020

Alican KANDİYE
(İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problemin Tanımı.....	2
1.2 Çalışmanın Amacı	3
1.3 Araştırma Yöntemi	4
2. BLOCKCHAIN TEKNOLOJİSİ	7
2.1 Blockchain Nedir?.....	7
2.2 Blockchain Teknolojisinin Tarihi.....	8
2.3 Blockchain Teknolojisinin Çalışma Prensipleri	10
2.3.1 Merkezi olmayan otorite ve veri dağıtımı.....	11
2.3.2 Fikir birliği mekanizması	13
2.3.2.1 Emek ispatı (PoW).....	14
2.3.2.2 Pay ispatı (PoS).....	15
2.3.2.3 Delege edilmiş pay ispatı (DPoS)	15
2.4 Blockchain Türleri.....	16
2.4.1 Açık blockchain	16
2.4.2 Özel blockchain.....	17
2.4.3 Konsorsiyum blockchain.....	18
3. BLOCKCHAIN'IN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI	21
3.1 Yapılandırılmış Literatür Taraması	21
3.1.1 Literatür seçimi	21
3.1.2 Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi	22
3.1.2.1 Yayınlardaki anahtar kelimeler	22
3.1.2.2 Yayınlanan ülkelere göre değerlendirme	22
3.1.2.3 Yayınların türlerine göre değerlendirilmesi	24
3.1.2.4 Yayınların yayıncılara göre değerlendirilmesi	26
3.1.2.5 Yayınlanan makalelerin dergilere göre değerlendirilmesi	27
3.1.2.6 Araştırma Haritası	27
3.2 Blockchain Teknolojisinin Uygulama Alanları.....	32
3.2.1 Akıllı sözleşmeler	32
3.2.2 Tedarik zinciri	35
3.2.3 Ekipman kiralama	38
3.2.4 BIM ve blockchain	38

3.2.5 Atık yönetimi.....	39
3.2.6 Gayrimenkul yönetimi.....	40
3.2.7 Enerji yönetimi.....	40
3.2.8 Sürdürülebilirlik	41
3.2.9 Tesis yönetimi	41
3.3 Blockchain Teknolojisinin İnşaat Sektöründe Uygulanmasında Karşılaşılabilecek Destekler ve Engeller.....	41
3.3.1 Destekler.....	45
3.3.1.1 Aracısızlık	45
3.3.1.2 Otomasyon	45
3.3.1.3 Maliyet azaltma	46
3.3.1.4 Güven	46
3.3.1.5 Belirgin Sahiplik	46
3.3.2 Engeller	47
3.3.2.1 Blockchain anlayışı	47
3.3.2.2 Karmaşık görünen yapısı.....	47
3.3.2.3 Başlangıç maliyetleri.....	48
3.3.2.4 Depolama sorunu.....	48
3.3.2.5 Gizlilik ve güvenlik.....	49
3.4 Blockchain Teknolojisi Uygulamaları İçin SWOT Analizi	49
3.4.1 Güçlü Yönler	54
3.4.1.1 Verimlilik	54
3.4.1.2 Otomasyon	54
3.4.1.3 Gizlilik.....	54
3.4.1.4 Şeffaflık	55
3.4.1.5 Merkezi olmayışı.....	55
3.4.1.6 Denetlenebilirliği.....	56
3.4.2 Zayıf Yönler	56
3.4.2.1 Ölçeklenebilirlik.....	56
3.4.2.2 Düşük Performans	57
3.4.2.3 Enerji tüketimi.....	58
3.4.2.4 Kompleks yapı.....	58
3.4.3 Fırsatlar.....	58
3.4.3.1 Yeni uygulamalar.....	58
3.4.3.2 Rekabet.....	59
3.4.3.3 Dijitalleşme	59
3.4.3.4 Artan işbirliği ve güven.....	60
3.4.4 Tehditler	60
3.4.4.1 Yeni teknoloji	60
3.4.4.2 Veri gizliliği	61
3.4.4.3 Entegrasyon.....	62
3.4.4.4 Kur Dalgaları.....	62
3.4.4.5 Belirsiz yasal durum.....	62
4. BIM İLE İLGİLİ YASAL SORUNLAR VE BLOCKCHAIN'İN GETİREBİLECEĞİ ÇÖZÜMLER.....	65
4.1 Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)	65
4.1.1 BIM'in İnşaat Sektöründe Kullanımı.....	66
4.1.2 BIM ve Bütünleşik Proje Teslim Sistemi (IPD)	68
4.2 BIM Uygulamalarında Karşılaşılan Sorunlar	71
4.3 Blockchain'in Çözüm Getirebileceği Sorunlar	73

4.3.1 Tasarım mülkiyeti	74
4.3.2 Verilerin güvenliği	75
4.3.3 Fikri mülkiyet hakları ve telif hakkı verilerinin paylaşılması	76
4.3.4 Sözleşmesel sorunlar	77
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ.....	103





KISALTMALAR

AIA	: The American Institute of Architects
AGC	: The Associated General Contractors of America
BC	: Blockchain
BCT	: Blockchain Teknolojisi
BG	: Bizans Generali
BIM	: Yapı Bilgi Modellemesi
CDE	: Ortak Veri Ortamı
CM	: İnşaat Yöneticisi
DB	: Tasarım/Yapım
DLT	: Merkezi Olmayan Defter Teknolojisi
LS	: Anahtar Teslim
PoW	: Emek İspatı
PoS	: Pay İspatı
DPoS	: Delege Edilmiş Pay İspatı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Konsensus Algoritmaları Karşılaştırılması, Zheng ve diğ. (2017)'den uyarlanmıştır.	15
Çizelge 2.2 : Blockchain Türlerinin Karşılaştırılması, Dujak ve Sajter (2019)'dan uyarlanmıştır.	19
Çizelge 3.1 : Anahtar Kelimeler ve Sıklıkları	22
Çizelge 3.2 : Yayınların Ülkelere Göre Dağılımı	23
Çizelge 3.3 : Yayın Türlerinin Yıllara Göre Sınıflandırılması	24
Çizelge 3.4 : Yayınların Yayıncılara Göre Değerlendirilmesi	26
Çizelge 3.5 : Yıllara Göre Dergilerdeki Makale Sayıları	27
Çizelge 3.6 : Blockchain Teknolojisi için Destekler ve Engeller Literatür Taraması	43
Çizelge 3.7 : SWOT Analizi	51
Çizelge 4.1 : Geleneksel proje teslim yöntemleri ve IPD karşılaştırması. Ilozor ve Kelly (2012)'den uyarlanmıştır.	70
Çizelge 4.2 : BIM Yasal Riskler Literatür Taraması; Arshad ve diğ. (2019)'dan uyarlanmıştır.	72



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Yapılandırılmış Literatür Analizi Adımları.....	5
Şekil 2.1 : Blockchain Örneği, Crosby ve diğ. (2016)' dan uyarlanmıştır.	7
Şekil 2.2 : Zaman Damgası, Narayanan ve diğ. (2016)'dan uyarlanmıştır.	9
Şekil 2.3 : Merkle Ağaçları Yapısı, Laurence (2019)'dan uyarlanmıştır.	9
Şekil 2.4 : Blockchain Yapısı, Saad (2019)'dan uyarlanmıştır.	11
Şekil 2.5 : Ağ Sistemleri.....	12
Şekil 2.6: Fikir Birliği Mekanizmasındaki 3 Önerme, Dahlquist ve Hagström (2017)'den uyarlanmıştır.	14
Şekil 2.7 : Açık Blockchain, Nanayakkara ve diğ. (2019)'dan uyarlanmıştır.....	17
Şekil 2.8 : Özel Blockchain, Nanayakkara ve diğ. (2019)'dan uyarlanmıştır.	18
Şekil 2.9: Konsorsiyum Blockchain, Nanayakkara ve diğ. (2019)'dan uyarlanmıştır.	19
Şekil 3.1 : Yayınların Ülkelere Göre Dağılım Yüzdesi.....	23
Şekil 3.2 : Yayın Türlerinin Yıllara Göre Sınıflandırılması.....	25
Şekil 3.3 : Araştırma Haritası	28
Şekil 3.4 : Akıllı Sözleşme Örneği, Wang ve diğ. (2017)'den uyarlanmıştır.....	34
Şekil 3.5 : Blockchain Destekli Tedarik Zinciri Örneği, Wang ve diğ. (2017)'den uyarlanmıştır.	37
Şekil 3.6 : Blockchain Destekli Tedarik Zinciri Aşamaları.....	37
Şekil 3.7 : Blockchain Teknolojisinin Ana Destekleyici Unsurları, Sebastian (2019)'dan uyarlanmıştır.	47
Şekil 4.1 : Entegre Tasarım Süreci ve Geleneksel Tasarım Süreci Karşılaştırması, Kutmen&Partners (2019)'dan uyarlanmıştır.	70



BLOCKCHAIN TEKNOLOJİSİNİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KULLANIMI

ÖZET

Günümüzde karmaşık ve mega yapıların artmasıyla proje yönetimi konusu daha da önem kazanmıştır. Bu tür büyük ölçekli projeler genellikle birçok disiplinden ve birçok milletten insanları bünyesinde barındırır. Bu tarz projelerin belirlenen zamanda ve maliyette tamamlanabilmesi için; kaynaklar etkin kullanılmalı, paydaşlar arasında bilgi paylaşımı yapılmalı ve yoğun bir işbirliği içinde çalışılmalıdır.

İnşaat endüstrisi her zaman diğer birçok sektöre göre daha düşük üretim ve verimlilik düzeyine sahip olması ile bilinir. Her projede, tarafların değişmesi ve değişen çıkarları, genellikle tek seferlik iş ilişkisinde olmaları ve sektörün teknolojik gelişmelere karşı muhafazakar yapısı düşük verimliliğin nedenleri arasında sayılabilir. Ayrıca, proje katılımcıları arasında güven eksikliği, verimliliği azaltan en önemli faktörlerden biridir.

Son yıllarda dünyada popülerliğini arttıran ve özellikleri anlaşıncı giderek daha fazla ilgi odağı haline gelen blockchain teknolojisi, inşaat sektörüne verimliliği düşüren belli başlı alanlarda yardımcı olabilecek potansiyele sahiptir. Veri işleme ve depolama teknolojisi olan blockchain, veri içeren blokların, kronolojik olarak birbiri ardına eklenmesiyle, zincir oluşturması sonucu oluşmuştur. Bloklarda veri, “hash” olarak adlandırılan bir nevi parmakizi, bir önceki bloğun hash değeri ve zaman damgası bulunur. Her bir yeni bilgi, veri ya da işlem bloklara kaydedilir, şifrelenir ve zaman damgalanır. Bir sonra eklenen blok hem kendi hash değerine hem de kendinden önce gelen bloğun hash değerine sahip olduğu için bloklardaki bilgileri değiştirmek oldukça zordur. Oluşturulan bloklar merkezi bir veri tabanında tutulmaz, sistemdeki her kullanıcı ‘düğüm noktası’ blok zincirinin bir kopyasına sahiptir. Buna dağıtılmış defter teknolojisi denir. Verilerde en ufak değişiklik yapmak için, bütün kullanıcılardaki blokların aynı anda değiştirilmesi gerekir ki bu da pratik olarak mümkün değildir. Yeni eklenecek bir bloğun sisteme kaydedilmeden önce geçerli olmasını sağlamak için fikir birliği mekanizması kullanılır. Ağdaki kullanıcılar fikir birliğine ulaştığı takdirde işlem geçerli olacaktır.

Blockchain, merkezi olmayan yapısı, şeffaflığı, denetlenebilirliği, gizliliği, değişmezliği ve sağladığı güven duygusu ile birçok sektörde ilgi çekmiştir.

Blockchain’in özellikleri ve kullanım alanları ile ilgili birçok makale olmasına rağmen, inşaat sektöründe kullanımı ile ilgili yayın sayısı oldukça sınırlıdır. Literatürde blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe kullanımı ile ilgili destekler ve engeller yeterince işlenmemiş olmakla birlikte SWOT analizi konusunda da eksiklikler mevcuttur. Tespit edilen literatürdeki eksiklikler bu tez ile giderilmeye çalışılmıştır.

Tez çalışmasının amacı, blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe benimsenmesi için geniş çaplı yapılandırılmış literatür çalışmasının yapılması, destek ve engellerinin belirlenmesi ve sonucunda SWOT analizinin yapılmasıdır.

Tezde öncelikle inşaat sektöründe blockchain kullanımı ile ilgili yayınlar için yapılandırılmış literatür taraması yapılmıştır. Yayınlar; anahtar kelimelere, yayınlanan ülkelere, türlere, yayıncılara, dergilere göre analiz edilmiş ve sonunda bir araştırma yol haritası oluşturulmuştur. Yapılan araştırma yol haritası sonucunda benzer ve birbirinin devamı niteliğinde olan çalışmalar belirlenmiş ve bu alandaki araştırma eksiklikleri tespit edilmiştir. Blockchain teknolojisinin tanıtımının düzgün yapılamaması, potansiyel kullanıcıların karşılaştırma yapabilmeleri için teknolojinin pilot projeler veya örnek vaka çalışmalarıyla desteklenememesi ve nesnelerin interneti (IoT) konusunun blockchain teknolojisi ile olan işbirliğinin oldukça yüzeysel araştırılması tespit edilen eksikliklerdir.

Yapısal özellikleri nedeniyle blockchain teknolojisi, inşaat endüstrisinde birçok alanda kullanılabilir. Bunlar: akıllı sözleşmeler, tedarik zinciri, ekipman kiralama, blockchain tabanlı BIM, atık yönetimi, gayrimenkul yönetimi, enerji yönetimi, sürdürülebilirlik ve tesis yönetimidir. Blockchain teknolojisi; otomasyon özelliği ile akıllı sözleşmelerde; şeffaflığı ve takip edilebilirliği sayesinde tedarik zincirinde ve ekipman kiralamada; derin işbirliği ve güven duygusu sağlamasıyla BIM ile birlikte; inşaat sırasında oluşan atıkları tek bir yönetim ve kayıt sistemi altında birleştirerek atık yönetiminde; arazi ve tapu senetlerini blockchain tabanlı bir sistemde tutarak gayrimenkul yönetiminde; enerji üretiminde ve dağıtımında akıllı şebeke kullanımı ile enerji yönetiminde; hammadde veri tabanı sağlayarak sürdürülebilirlikte; bakım gerektiğinde bina ile ilgili tüm bilgilere sahip olduğu için otomatik iş emri verilebilecek tesis yönetim sisteminde de kullanılabilir.

Daha sonra blockchain teknolojisinin yapısal özellikleri irdelenip, sektörde benimsenmesine destek ve engel olabilecek faktörler saptanmıştır. Destekleyici faktörler arasında aracısızlık, otomasyon, maliyet azaltma, güven ve belirgin sahiplik belirlenmişken engelleyici faktörler olarak; blockchain anlayışı, karmaşık görünen yapısı, başlangıç maliyetleri, depolama sorunu ve gizlilik&güvenlik belirlenmiştir.

Yeni bir teknolojinin ya da inovasyonun objektif bir şekilde değerlendirilebilmesi için en sık kullanılan analiz yöntemlerinden biri de SWOT analizidir. Blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe kullanımıyla ilgili güçlü ve zayıf yönleri ile karşılaşılabilecek fırsat ve tehditler SWOT analizi ile incelenmiştir. Buna göre, Blockchain teknolojisinin güçlü yanları; verimli olması, ademi merkezîyetçi yapısı, otomasyon, gizlilik özelliği, şeffaf olması ve denetlenebilir olmasıdır. Buna karşılık yüksek enerji tüketimi, kapasite arttıkça aynı verimde çalışma sorunu, performans ve fikir birliği mekanizmasındaki bazı konular blockchain teknolojisinin zayıf olduğu alanlardır.

Tezin ilerleyen kısmında ise inşaat sektöründe son zamanlarda dijitalleşme ve verimlilik konusunda önemli katkısı olan Yapı Bilgi Modellemesi “Building Information Modeling” (BIM) konusu açıklanmış ve BIM ile ilgili yaşanan sorunlarda, blockchain teknolojisinin ne gibi çözümler sağlayabileceği incelenmiştir. Tasarım sahipliği, veri güvenliği, fikri mülkiyet hakları, sözleşmeye bağlı konulardaki problemler blockchain teknolojisi ile üstesinden gelinebilir.

Bu tezin katkısı, blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe benimsenmesi için geniş çaplı yapılandırılmış literatür çalışmasının yapılması, destek ve engellerinin belirlenmesi ve sonucunda SWOT analizinin yapılmasıdır. Ayrıca inşaat sektöründe BIM’in uygulanmasında karşılaşılan sorunlara blockchain teknolojisinin getirebileceği çözümler belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, blockchain teknolojsinin inşaat sektöründe uygulanması ile ilgili akademik ve sektörel araştırmaların yetersiz

olduğunu göstermektedir. Özellikle blockchain teknolojisinin, sektördeki profesyonellere daha iyi tanıtımı yapılmalı, potansiyel kullanıcıların karşılaştırma yapabilmeleri için anlatımlar pilot projeler veya örnek vaka çalışmalarıyla desteklenmelidir. Ayrıca nesnelerin interneti (IoT) konusunun blockchain teknolojisi ile olan potansiyel işbirliği daha detaylı incelenmelidir.

Blockchain teknolojisi hala inşaat sektörü için oldukça yenidir. Sektörün de yeniliklere karşı korumacı yapısı göz önüne alındığında, blockchain teknolojisinin aniden benimsenmesi beklenmemektedir. Fakat bu durum blockchain teknolojisinin inşaat sektöründeki potansiyelinin göz ardı edilmesini gerektirecek bir durum değildir. Sağlayacağı gizlilik, güven, işbirliği, şeffaflık ve otomasyon gibi özelliklerle blockchain, sektördeki mevcut problemlerin önemli bir kısmına çözüm olma ve verimliliği artırma potansiyelini kendinde barındırmaktadır.





BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION

SUMMARY

The construction industry is one of the oldest known sectors in the world. The construction sector, which develops in response to the need for accommodation, which is one of the basic needs of people, has a great role in the development of societies and the advancement of civilizations. As societies developed, technology advanced and population started to increase, people's demands and needs began to change.

Nowadays, with the increase of complex and mega structures, the issue of project management has become more important. Such projects usually involve people from multiple disciplines and multiple nationalities. In order not to exceed the duration and cost of the project, resources should be used effectively and should be worked in an intensive cooperation. Using traditional methods on such large-scale projects, reduces the efficiency.

The construction industry is always known for its lower production and efficiency than other sectors. Different numbers and interests of project stakeholders in each project, usually one-time business relationship and sector's conservative structure against technological developments can be considered among the reasons for low efficiency. Moreover, lack of trust between project participants is one of the factors that decrease efficiency and productivity.

Blockchain technology which recently announced its name with the technology behind the popular cryptocurrency bitcoin, has the potential to overcome certain challenges in the construction industry. Although the foundation of blockchain technology dates back to 1991, it emerged in 2008 with a person or group published a paper about blockchain technology under the pseudonym Satoshi Nakamoto.

Blockchain technology, whose main purpose was to prevent changes to be made by time-stamp on digital documents, has now become a technology with many applications.

The name of blockchain comes from the blocks containing information create 'chain' by adding them chronologically one after the other and become blockchain. Each block contains the timestamp, the data to be stored, the numerical value called the hash 'fingerprint' and the hash of the previous block.

Block is created for every transaction made and new information added in blockchain technology. These new blocks are not stored in a centralized database like other systems, but stored in every user 'node' in the system. This is called distributed ledger technology (DLT). Someone who wants to tamper with the block needs to change the information on all users on the network, which is quite difficult. Thus, the information on the blocks is protected against tampering. In addition, users

in the system can see all transaction history. There is no need for central authority and, as in other central databases, no data loss occurs in case of system crash.

In a peer-to-peer network, a consensus mechanism is used to ensure that the block is valid before being registered in the ledger. Although there are many consensus mechanisms, the purpose of these mechanisms is that the nodes reach a consensus by accepting the correctness of the transaction performed.

Structured literature review was also performed for papers about blockchain in construction industry. 48 publications in total; analyzed by according to keywords, countries published, types, publishers, journals and a research domain map was made at the end. As a result of the research map, similar and successive studies were detected and deficiencies in the publications were identified.

Due to its features, blockchain technology can be used in many fields in the construction industry such as; smart contracts, supply chain, equipment leasing, blockchain based BIM, waste management, real estate management, energy management, sustainability, facility management. Therefore blockchain technology has the potential to solve many of the existing problems.

Smart contracts are one of the potential applications in construction industry. Smart contracts were first mentioned in 1994 by Nick Szabo. Szabo designed smart property by combining smart contracts with physical objects. Smart contracts consist of computer codes rather than massive pages of paper. The contract clauses accepted by the parties, before starting the work, are executed automatically when the conditions are met. This also prevents third parties from being involved in the process in the event of a possible dispute. Smart contracts are more efficient in terms of automation and contract tracking than traditional written contracts. It saves time and money by reducing dependency on intermediary institutions. Late or short-change of progress payments is one of the important problems of the construction industry. With smart contracts, one of the parties will receive the payment in time when it meets the terms of the contract. Thus, the bankruptcy of companies will disappear and the trust of each other will increase.

The supply chain, where many companies are involved in different stages, is one of the most important issues in the construction industry. The fact that parties often have one-time business relationships, the lack of trust between participants in payments and the quality problem due to the lack of traceability of the supply chain can be count as the main challenges of traditional supply chain system. There is no clear and reliable source for traceability in the traditional supply chain system. For example, there is no tracking system that allows you to follow the process from the raw material stage to the construction site. A system where almost every material used in construction process is recorded and tracked transparently throughout the supply chain until it is built, can be possible with blockchain technology.

Any changes made on blockchain system are recorded and visible transparently by authorized users which is very beneficial for BIM based projects. Since there are many people and groups working on a project, it is inevitable to change a BIM model at the same time. All model changes in the project can be recorded. Therefore all revisions history can be seen. Also there is accountability for problems that may arise in the model, because in blockchain system it is easy to find who did what and when.

In addition BIM has special issues such as; design ownership, data security, intellectual property rights, contractual issues. These problems can be overcome by blockchain technology.

Blockchain technology can also be used; in waste management by combining the wastes generated during construction under a single management and registration system; in real estate management by keeping lands and title deeds in a blockchain based system; in energy management with the use of smart grid in energy production and distribution; in sustainability by supplying the raw material database; in the facility management system where automatic work order can be given when maintenance is needed because it has all the information about the building.

Afterward, the structural features of blockchain technology were examined, and drivers and barriers of the blockchain technology which are thought to contribute to its adoption in the construction sector, were determined.

In order to objectively evaluate a new technology or innovation, SWOT analysis, which is one of the most frequently used analysis methods, was performed.

In the following part of the thesis, the subject of Building Information Modeling (BIM), which has recently made a significant contribution to digitalization and efficiency in the construction industry, has been explained and what solutions blockchain technology can provide for BIM related problems.

The contribution of this thesis is to carry out a large-scale structured literature review for the adoption of blockchain technology in the construction industry, to determine its drivers and barriers, and to make SWOT analysis as a result. Research results show that academic and sectoral research on the implementation of blockchain technology in the construction industry is inadequate. Especially, blockchain technology should be better promoted to professionals in the industry. Also benefits of blockchain technology should be supported by case studies for potential users to compare. In addition, the cooperation of the Internet of Things (IoT) with blockchain technology should be examined more thoroughly

Blockchain technology is still quite new for the construction industry. Considering the conservative structure of the industry against innovations, blockchain technology is not expected to be suddenly adopted. However, this is not a situation that requires the potential of blockchain technology to be ignored in the construction industry. With its features such as privacy, trust, collaboration, transparency and automation, blockchain has the potential to be a solution to a significant part of the current problems in the industry and to increase efficiency.



1. GİRİŞ

Günümüzde inşaat sektöründe projelerin giderek daha kompleks bir hal alması , daha büyük ölçeklerde yapıların artması, projeleri yönetmenin zorlaşması ve artan ihtiyaçlara cevap arayışı, sektördeki rekabet ortamının kızışmasına sebep olmuştur. Taleplerin yıllar içerisinde değişmesi ve artan bu rekabet ortamı özellikle inşaat sektöründe geleneksel yöntemlerin yetersiz kalmasına yol açmıştır. İnşaat sektörü ayrıca kullandığı geleneksel yöntemlerin verimsizliği nedeniyle de sıklıkla eleştirilmektedir. İnşaat sektörünün ayrıştırılmış yapısı, işlerin birbirine bağlı zincir sistemde yapılması gereken sıralı yapısı ve her projede yer alan farklı menfaatlere sahip paydaşların sayısı, sektördeki sorunların temel nedenleri olarak belirtilmektedir (Shojaei, 2019). Günümüzün gerektirdiği karmaşık inşaat projeleri birden çok disiplinin ve organizasyonun bir arada çalışmasını gerektirir (Maurer, 2010). Bu karmaşık inşaat projelerindeki tüm işleyişi, sözleşme yönetimini, taşıma taleplerini ve tedarik zinciri yönetimini manuel olarak evraklarla koordine etmenin zahmetli ve verimsiz olduğu kanıtlanmıştır. Organizasyonlar ve proje ortakları arasında başarıyı sağlamak için, ‘güven’ kilit bir başarı faktörü olarak kabul edilmektedir (Kadefors, 2004). Bu başarıya ulaşmak için işin doğası gereği, inşaat proje ekiplerinin daha iyi entegrasyon, işbirliği ve koordinasyon içinde çalışmasına ihtiyaç vardır (Cicmil ve Marshall, 2005).

Özellikle adını son zamanlarda Bitcoin ile duyuran blockchain teknolojisi merkezi bir otoritenin olmadığı, verilerin sisteme kayıtlı tüm kullanıcılar tarafından depolandığı, yapılan tüm işlemlerin kriptografik ve kronolojik olarak kaydedildiği, işlemleri doğrulayan ve depolayan bir veritabanı teknolojisidir. Blockchain teknolojisinin hayatın pek çok alanında uygulamaları olduğu gibi inşaat sektörünün mevcut sorunlarına özelliklerinden ötürü doğal olarak uyum sağlayabilecek potansiyele sahip bir bilgi teknolojisidir (Belle, 2017).

Blockchain, sektördeki mevcut sorunların her birine doğrudan veya dolaylı olarak bir çözüm sağlayabilir. Bu teknoloji, paydaşlar arasındaki güven eksikliğini giderebilir, şu anda çok sayıda verimsiz gerçekleşen manuel işlemleri

otomatikleştirebilir, şeffaflığı arttırırken işbirliği ve bilgi alışverişi için güvenilir bir altyapı sağlayabilir ve kronolojik kayıt tutma sağlayabilir (Mathews ve diğ. 2017) .

İnşaat sektöründeki verimliliği arttırmada ve işbirliğini sağlamada Yapı Bilgi Modellesi (BIM) anahtar teknolojilerden biridir. Geleneksel olarak gerçekleştirilen inşaat sektöründeki düşük verimlilik, proje tamamlanma sürelerinin uzunluğu, yüksek maliyetler ve hatalar , iletişimsizlik ve uyumsuzluk, BIM'in sektördeki çoğu kişiye bir umut ışığı olmasına sebep olmuştur. Buna karşılık BIM'in hem dünyada hem de ülkemizde yeni olması sebebiyle konusunda uzman kişi sayısı yetersizdir. Ayrıca gelişen bir teknoloji olmasından dolayı uygulamasında bir takım yaşanan bir takım teknolojik, sözleşmesel, organizasyonel sorunlar mevcuttur. Literatürde daha çok bu sorunların saptanması ve etkileri gibi konular olmakla beraber çözümlerine yönelik konular görece olarak daha azdır.

Blockchain teknolojisi özellikle BIM'in içinde bulunduğu sorunların bir kısmına da çözüm olabilecek potansiyele sahiptir. Kendiliğinden sözleşmenin koşullarını uygulayabilen bir akıllı sözleşmeyle entegre edilmiş blockchain destekli bir BIM ile inşaat proje yönetiminin tam anlamıyla gerçekleştiği kapsamlı bir platform sağlanabilir (Shojaei, 2019) Yeni nesil teknoloji Blockchain ile BIM'in beraber kullanılmasıyla ortaya çıkabilecek potansiyel çözümlerin irdelenmesi ve bunların uygulanması oldukça önem arz etmektedir.

1.1 Problemin Tanımı

İnşaat projeleri, çevreyi tasarlamak ve şekillendirmek için farklı disiplinleri bir araya getirir. Buna rağmen inşaat sektörünün verimliliği ve etkinliği sık sık sorgulanmaktadır. Changali ve diğ. (2015) araştırmasına göre, inşaat verimliliği yıllardır sabit kalırken, imalat sektöründe verimlilik aynı dönemde neredeyse iki katına çıkmış ve hala artmaya devam etmektedir. Doğal olarak, inşaat sektörü diğer sektörlerden farklıdır. Ancak ülkelerin gelişiminde önemli rol oynayan inşaat sektörünün bu özelliğini sürdürmesi için gelişimlere daha açık olmasına ihtiyaç vardır.

Diğer tüm büyük endüstrilere benzer şekilde, inşaat endüstrisi de projelerinin verimliliğini ve öngörülebilirliğini geliştirmek amacıyla teknolojik çözümleri giderek daha fazla kullanmaya çalışmaktadır. Dijitalleşme bu gelişmenin bir parçasıdır.

Farklı modelleme araçlarının ve yazılımların sayısının artması, tüm inşaat sürecini daha etkili hale getirmeye yardımcı olur. İnşaat sektöründe son yıllarda dijitalleşme anlamında belki de en büyük değişiklik, Bina Bilgi Modellemesi'nin (BIM) kullanılmasıdır (Penzes, 2018). BIM yepyeni bir çalışma ortamı yaratarak endüstrinin çehresini değiştiren teknolojik süreçlerden biridir. Son on yılda, BIM'in popülaritesi, potansiyel faydalarının geniş bir şekilde tanınması ve uygulanması yoluyla artmıştır (Hamdi ve Leite, 2014). Ancak BIM'den maksimum faydayı elde etmek, doğrudan projedeki işbirliğini en üst düzeye çıkarma ile ilişkilidir (Migilinskas ve diğ., 2013). Bununla beraber inşaat sektörü, güven, bilgi paylaşımı, şeffaflık, hesap verebilirlik ve süreç otomasyonu gibi birçok zorlukla karşı karşıyadır (Wang ve diğ., 2017).

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasının amacı, blockchain teknolojisinin inşaat sektöründeki potansiyel kullanımını incelemek ve bu teknolojinin inşaat sektörünün eksik ya da verimsiz olduğu alanlarda sektöre neler katabileceğini belirlemektir.

Merkezi olmayan bir veri yönetimi teknolojisi olan blockchain, 2008'den bu yana hem akademik hem de endüstriyel alanda popülerleşmiştir. Dünya çapında birçok sektörde kullanılabilirliği araştırılan bu teknolojinin sahip olduğu potansiyel, özellikle araştırmacıların ve sektörde ileri gelenlerin dikkatini çekmiştir. Buna rağmen dünyada hele de ülkemizde oldukça yeni bir teknolojidir. Konusunda uzman kişi sayısı oldukça az olmakla birlikte, ülkemizde bu teknolojiyle ilgili yayınlar da çok sınırlıdır. Bu açıdan blockchain ile ilgili büyük çoğunluğu yurtdışı olan kaynaklar incelenmiştir.

Tez çalışmasının hedefleri şöyledir:

- Blockchain teknolojisinin tarihi, çalışma prensibi ve türlerinin açıklanması,
- Yapılandırılmış literatür analizi, ile araştırma yol haritası oluşturulması,
- Blockchain teknolojisinin uygulama alanlarının belirlenmesi,
- Blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe uygulanmasındaki destek ve engellerin belirlenmesi,
- Blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe uygulanmasıyla ilgili SWOT analizi gerçekleştirilmesi,

- BIM ile ilgili yasal sorunların ve blockchain teknolojisinin getirebileceği çözümlerin incelenmesidir.

1.3 Araştırma Yöntemi

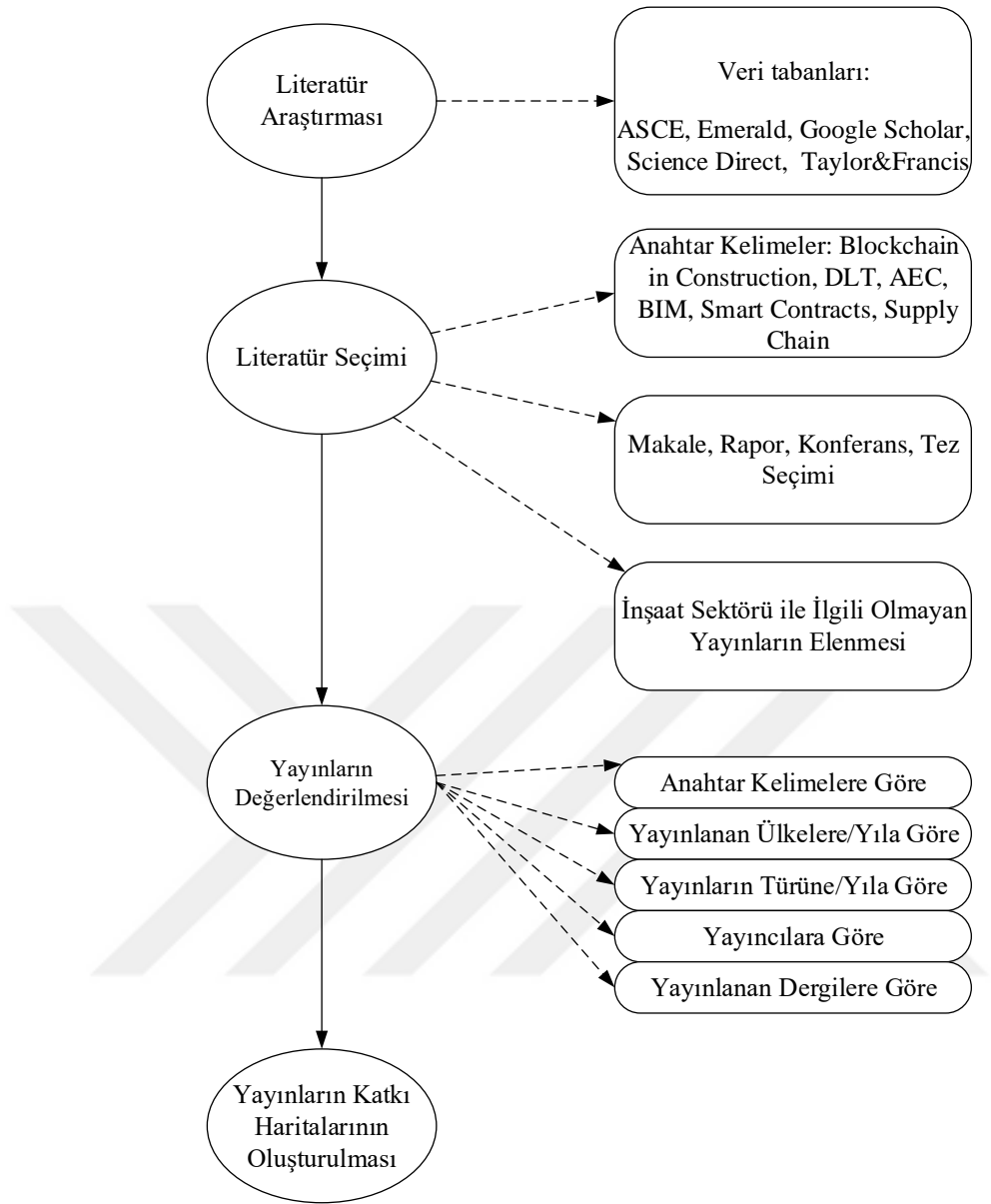
Tez çalışması kapsamında ilk adımda literatür çalışması yapılmıştır. Literatür araştırması sırasında öncelikle Blockchain teknolojisinin ne olduğu, tarihçesi, çalışma prensibi, farklı türlerinin karşılaştırılarak açıklanması detaylıca yapılmıştır.

Bir sonraki aşamada blockchain teknolojisinin inşaat sektöründeki potansiyel kullanım alanlarıyla ilgili yapılandırılmış literatür araştırması yapılmıştır. Yapılan bu analizin adımları Şekil 1.1’de gösterilmiştir.

Literatür araştırmasında öncelikle “ASCE, Emerald, Google Scholar, Science Direct, Taylor&Francis” veritabanlarında “Blockchain in Construction, DLT, AEC, BIM, Smart Contracts, Supply Chain” anahtar kelimeleri kullanılarak çeşitli makale, rapor, konferans, tez seçilmiştir. Daha sonrasında inşaat sektörü ile ilgili olmayan yayınlar elenmiştir. Yayınların değerlendirilmesi ise anahtar kelimelere göre, yayınlanan ülkelere/yıla göre, yayınların türüne/yıla göre, yayıncılara göre ve yayınlanan dergilere göre yapılmıştır. Son olarak araştırma yol haritası oluşturularak benzer ve birbirinin devamı niteliğindeki çalışmalar belirlenmiştir.

Daha sonra blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe kullanım alanları belirlenmiş, ne gibi faydalar sağlayabileceği açıklanmıştır. Literatür analizi sonucu elde edilen kaynaklardan blockchain teknolojisinin destekleri ve engelleri belirlenmiş olup detaylı SWOT analizi yapılmıştır.

Son olarak geçtiğimiz yıllarda etkisini ve önemini arttıran BIM’in tanımı, yararları-inşaat sektöründe kullanımı, entegre proje teslim sistemi incelendikten sonra BIM’de karşılaşılan problemlerle ilgili geniş literatür çalışması yapılmış olup, blockchain teknolojisinin BIM ile yürütülen projelerde yaşanan sorunların hangilerine çözüm getirebileceği araştırılmıştır.



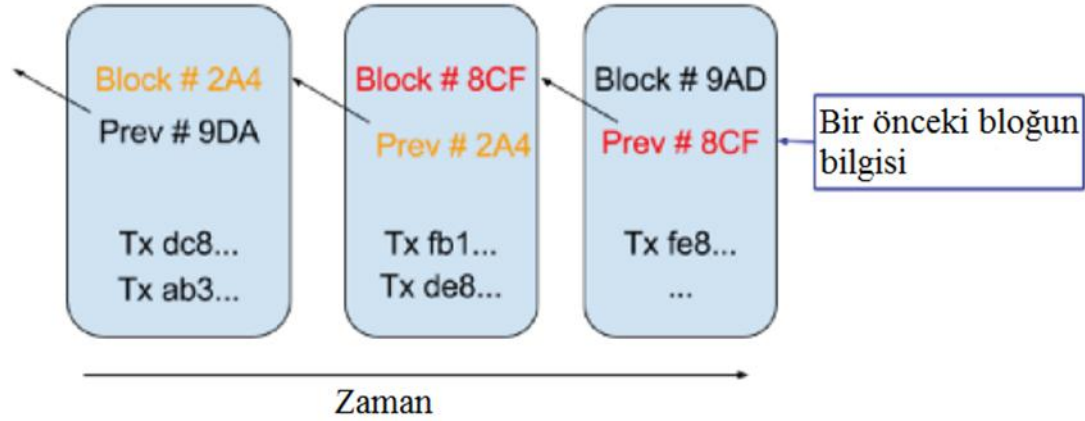
Şekil 1.1 : Yapılandırılmış Literatür Analizi Adımları



2. BLOCKCHAIN TEKNOLOJISI

2.1 Blockchain Nedir?

Blockchain, veri bloklarından oluşan dağıtılmış bir veri tabanıdır. Ağdaki her bir bilgisayar, veritabanını paylaşır ve yeni bloklar oluşturabilir. Bloklar; zaman damgası, depolanmak istenen veri, hash adı verilen sayısal değer ‘parmakizi’ ve bir önceki bloğun hash değerini içerir.



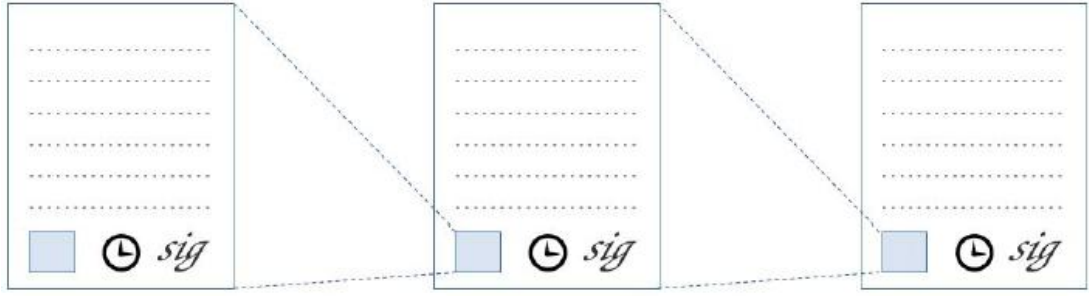
Şekil 2.1 : Blockchain Örneği, Crosby ve diğ. (2016)’ dan uyarlanmıştır.

Bu mekanizmada oluşturulan her bir blok birbirine bağlı olduğundan, bu teknoloji blokzinciri yani ‘blockchain’ olarak adlandırılmıştır (Dounas ve Lombardi, 2018). Blockchain, dijital varlıkların şifreli işlemlerini güvenilir bir şekilde yaratan, doğrulayan ve kaydeden merkezi olmayan bir dağıtılmış defter teknolojisidir (Wien, 2017). Blockchain teknolojisi, içinde bilgi olan blokları oluşturan, ekleyen ve kullanan algoritmaların olduğu bir hesaplama altyapısıdır (Zhao ve diğ., 2016). Bir blok zincirinde, tüm işlemler tek bir veritabanında saklanır, burada her kullanıcı veritabanının bir kopyasını saklar ve diğer veritabanlarındaki gibi çökmesi durumunda sistemin durmasına sebep olacak bileşen yoktur (Lewis ve diğ., 2017). Blockchain, herhangi bir üçüncü taraf kuruluş tarafından işlemlerin kontrolü olmadan güvenlik, anonimlik ve veri bütünlüğü sağlar (Yli-Huumo ve diğ., 2016). Blockchain dijital işlemlerin kayıt altına alındığı bir depolama metodudur.

Günümüzde kullanılan çoğu veritabanının aksine hiçbir kişi, grup veya şirketin kontrolünde olmayıp merkezi ağ sistemini kullanmazlar. Teknolojinin bu yapısı sayesinde onu kullanan insanlar arasında fikir birliği olmadan bir veritabanını değiştirmek veya manipüle etmek oldukça zordur (Kinnaird ve diğ., 2017) . Eşler arası ağ ‘peer to peer network’ ile iletişim doğrudan eşler arası olabilir ve oluşturulan yeni veriler için merkezi otoriteye ihtiyaç duyulmaz, dağıtılmış defter sistemi ile ağdaki tüm katılımcılar bütün veri tabanına erişir ve veritabanındaki geçmiş görüntüler, merkezi sunucu kaynaklı hatalar sıfıra indirilebilir, fikir birliği mekanizması ile her bir işlem sistemdeki katılımcıların çoğunluğunun oy birliği ile doğrulanır (Crosby ve diğ., 2017; Iansiti & Lakhani, 2017; Rennock ve diğ., 2018). Blockchain, bir ağ içindeki işlemleri kaydeden ve paylaşan, dağıtılmış bir defterdir. Blockchain teknolojisi, ağ içinde eşler arası çoğaltılan birkaç düğüm (katılımcı) üzerine dağıtılmış defterler üzerine kurulmuştur (Gupta, 2017). Bilgilerin belirli bir ağdaki tüm düğümlerle senkronize edildiği işlemler alınır ve başkalarına gönderir. Bu yöntem, işlemler için güvenilir bir üçüncü tarafa olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Bunun yerine, bir işlemin geçerliliğinin tüm katılımcılar tarafından kabul edildiği devasa dağıtılmış ağ kayıtları sağlar. Blockchain, geçerliliği sağlamak için fikir birliğine dayalı bir model kullanır, yani tüm katılımcıların işlem üzerinde anlaşması gerekir. Bağımsız katılımcılar bir fikir birliği oluşturduğundan, dağıtılmış ağın güvenilir bir merkezi sisteme ihtiyacı yoktur (Dhillon ve diğ., 2017).

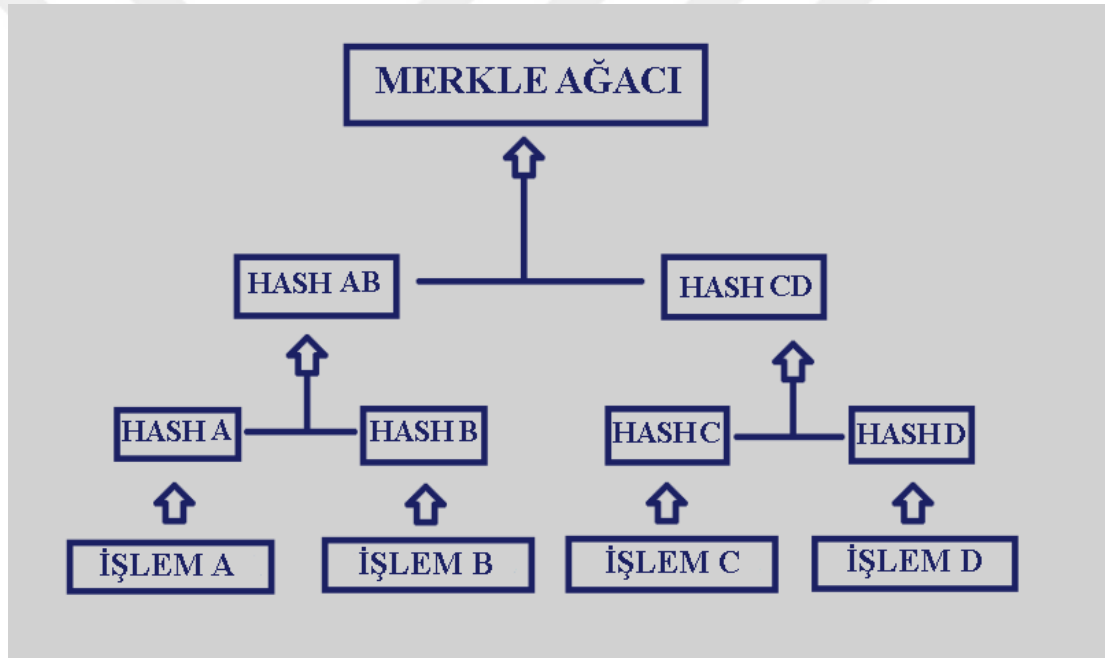
2.2 Blockchain Teknolojisinin Tarihi

Blockchain teknolojinin ardındaki fikirler ilk olarak 1991 yılında Haber ve Stornetta tarafından yazılan bir makale ile ortaya atılmıştır. Araştırmacıların önerileri, dijital belgelerin güvenliği için bir zaman damgası oluşturmaktır. Bu zaman damgası sayesinde belgenin ne zaman ortaya çıktığı hakkında kullanıcı bilgi sahibi olacaktı. Daha da önemlisi, zaman damgası, belgelerin oluşturulma sırasını doğru bir şekilde gösterecek ve müdahale yapılmasını engelleyecekti. (Narayanan, Bonneau, Felten, Miller, & Goldfeder, 2016).



Şekil 2.2 : Zaman Damgası, Narayanan ve diğ. (2016)’dan uyarlanmıştır.

1992 senesinde Haber ve Stornetta tarafından Merkle Ağaçları Yapısı’nı tasarıma dahil ederek daha da optimize etmişlerdir. Böylece birden fazla kaydın tek bir blokta depolanmasının yolu açılarak genel yapının verimliliği artırılmıştır (Ankitt & Li, 2018).



Şekil 2.3 : Merkle Ağaçları Yapısı, Laurence (2019)’dan uyarlanmıştır.

2008 senesine gelindiğinde Satoshi Nakamoto takma adı altında anonim bir kişi veya bir grup birey, Blockchain teknolojisinin kullanıldığı Bitcoin adı verilen dijital para birimi uygulamasının geliştirildiği bir teknik inceleme yayınladı. (Nakamoto, 2008). Bu tarihten sonra para birimi sistemindeki güven sorununa bir çözüm olarak blockchain teknolojisinin kullanıldığı dijital para birimi Bitcoin ortaya çıktı. (Aste, Tasca, & Di Matteo, 2017).

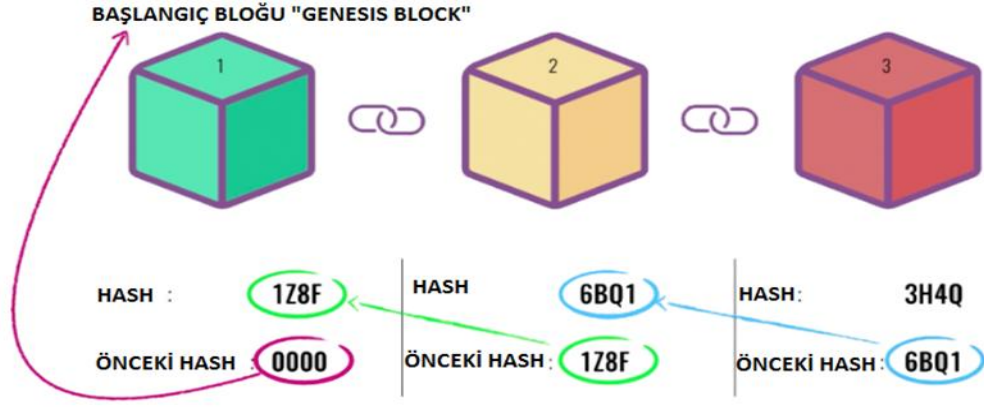
Blockchain'in temel özelliği, herhangi bir kuruluş veya kontrol olmadan verilerin ve bilgilerin korunabilmesidir. Swan (2015) blockchain teknolojisini üç kategoriye ayırmıştır: Blockchain 1.0, 2.0 ve 3.0.

Başlangıçta, blockchain, Blockchain 1.0 olarak tanımlanan işlemler, bilgilerin güvenli bir şekilde doğrulanması ve saklanması şeklinde kripto para birimleri için kullanıldı (Dimitri, 2017). Dijital para birimi için blockchain kullanmanın temel avantajı, güvenilir araçların veya karşı tarafların katılımına gerek kalmadan bir varlığı transfer etmek için güvenilir bir yol sağlamasıdır (Brainard, 2016). Blockchain 1.0 para ve ödemelerin ademi merkezileştirilmesi için kullanılırken, Blockchain 2.0 piyasaların ademi merkezileştirilmesi için kullanılmıştır (Swan, 2015). Akıllı sözleşmeler, akıllı mülkiyet, dijital kimlikler, pasaportlar, tahviller, bonolar, maddi olmayan duran varlıklar, patentler, noter tasdikli belgeler Blockchain 2.0'ın kapsadığı konulardan birkaçıdır (Wang ve diğ., 2017)

Blockchain 3.0, özellikle hükümet, sağlık, bilim, sanat, kültür ve diğerleriyle ilgili para, finans ve piyasaların ötesindeki uygulamalar için kullanılır (Swan, 2015, Wang ve diğ., 2017). Kuo ve diğ. (2017) Blockchain 3.0'ı , dağıtılmış defter teknolojisinin finansal olmayan uygulamaları için olduğunu belirtir. Blockchain 3.0 için bir kullanım örneği olarak tedarik zinciri yönetimi, temel olarak lojistikle ilgili mevcut senaryoda blockchain uygulamalarının denendiği anahtar sektörlerden biridir. Ancak, blockchain teknolojisi henüz inşaat tedarik zincirine uygulanmamıştır (Rodrigo ve diğ., 2018).

2.3 Blockchain Teknolojisinin Çalışma Prensipleri

Laurence (2017) blok zincirinin, kriptografik olarak birbirine bağlı (zincirli) bir dizi işlem içeren bloklardan oluştuğunu açıklamaktadır. Blok zincirler üç ana bölümden oluşur: blok, zincir ve ağ. Blok, belirli bir dönemde tüm işlemlerin bir deftere kaydedildiği yerdir. Blok zincirinin amacına bağlı olarak, her bloğun boyutu ve oluşturulduğu dönemi farklı olabilir. Zincirler, oluşturulan blokların birbirine kriptografik olarak bağlanması temsil eder. Bloklar, amaçlandığı şekilde geçerlilik ve fikir birliği oluşturmak için tüm ağ üzerinden çoğaltılır. Yaratılan her yeni blok kronolojik sırayla bir önceki bloğa zincirlenir ve zaman damgalanır.



Şekil 2.4 : Blockchain Yapısı, Saad (2019)’dan uyarlanmıştır.

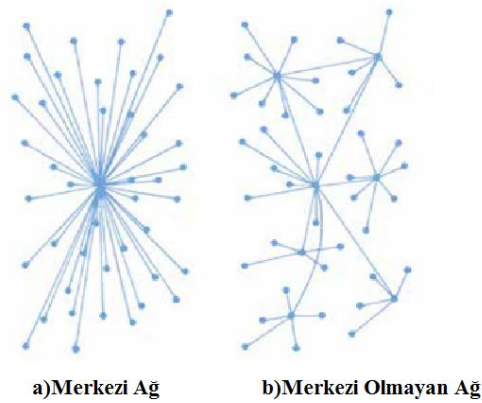
Ağdaki bir kullanıcı bilgisayarında bir işlem gerçekleştirdiğinde öncelikle bu işlemin protokol kurallarına göre geçerli olup olmadığını belirlemelidir. Bu işlem geçerli sayılırsa, yeni bir blok yaratılır ve işleme konur. Güçlü hesaplama gücüyle, oluşturulan işlemler bir araya getirilir ve bunlar bir blokta şifrelenir. Şifreleme nedeniyle hash sayısal değerini hesaplamak için hatırı sayılır miktarda enerji gerektirir (Pilkington, 2015). Öte yandan, ağa saldırmak isteyen herkesin bloğun şifresini çözmek için daha fazla enerji harcaması yapması gerekir (Wright ve De, 2015). İşlemler birleştirildikten ve yeni blok zaman damgası adı verilen bir başlık ile kapatıldıktan sonra, yeni blok en uzun zincirin sonuna eklenir. Zincir güncellendikten sonra, yeni zincir ağdaki tüm kullanıcılara duyurulur ve her kullanıcı aynı işlem defteri defterine sahip olur (Crosby ve diğ., 2016).

2.3.1 Merkezi olmayan otorite ve veri dağıtımı

Merkezi bir ağ, diğer düğümler arasındaki bilgi akışını izleme, kontrol etme ve operasyonel kontrolleri dikte etme ile tek bir merkezden görev yapan bir ağdır. Subjekif olarak bakıldığında bir karar vericinin olması, çatışma ve anlaşmazlık olasılığını azaltabilir. Ancak diğer bir yandan, tek elden yönetimin kötü niyetli, ihmalkar veya yetersiz olma gibi birlikte çalışabilirliği ve işbirlikçi karar vermeyi etkileyebilecek olumsuz yönleri mevcuttur (Nawari ve Ravindran, 2019). Blockchain, eşler arası ağlardan oluşan merkezi olmayan bir konsensüs ağı olarak tanımlanmaktadır (Jesus ve diğ., 2018). Eşler arası bir ağda eşler ‘katılımcılar’ da düğüm olarak tanımlanır. Eşler arası bir ağda hiçbir eş diğerlerinden üstün değildir ve tüm düğümler gerekli ağ hizmetlerini sağlama yükünü paylaşır (Koushik ve diğ., 2019). Tüm düğümler hiyerarşi, merkezi otorite veya ana sunucu olmadan eşler arası

ağı tamamen merkezi olmayan hale getirir. Eşler arası bir ağda, bloğun deftere kaydedilmeden önce geçerli olmasını sağlamak için bir konsensüs mekanizması kullanılır (Weernik ve diğ., 2017). Blockchain, depolanan verileri kurcalanmaya veya değiştirmeye karşı korumak için merkezi olmayan bir ağ kullanır (Guegan, 2017). Yapılan tüm işlemlerin bloklarlar halinde depolandığı, yeni bloklar eklendikçe zincirin büyüdüğü blockchain sisteminde tüm bu işlemler dağıtılmış defter olarak depolanır. Blockchain ağındaki katılımcıların, bilgisayarların dağıtılmış bir ağ üzerinden paylaşılan dijital defteri güvenli bir şekilde görüntülemelerine izin verilir (Singh ve Singh, 2016). Yeni bir işlemle oluşturulan blok deftere kaydedildikten sonra, tüm ağda güncellenmiş defterin bir kopyası olacaktır.

Merkezi Olmayan Defter Teknolojisi (DLT), eşler arası bir ağdır ve merkezi olmayan bir konsensüs mekanizması içerir. Hesaplama iş yükünü ağda bulunan birden fazla düğüm arasında dağıtır böylece düğümlerin bağlantı oluşturmalarını kolaylaştırır ve bağlantıların canlı kalmasını sağlarlar. Ağdaki her düğümün veri alması ve aktarması sağlanır (Nakamoto, 2008; Zheng ve diğ., 2017; Wang ve diğ., 2018). Bu mekanizma, sistem arızası veya tam bir ağ kesintisi olasılığını ortadan kaldırır. DLT bunu genellikle blok zinciri işlem işlemini başlatmadan önce merkezi olmayan bir konsensüs yapısını entegre ederek başarır. Ağ katılımcıları önceden anlaşılır ve gereksinimlerine uygun bir konsensüs mekanizmasına karar verirler. Ağdaki her düğüm tam olarak aynı konsensüs algoritmasını çalıştırır, bu nedenle sistemin işlemlerini denetlemek için herhangi bir üçüncü taraf yöneticiye ihtiyacı yoktur. Sonuç olarak blockchain gerçeğin tek kaynağı haline gelir (Brakeville ve Perepa, 2016; Nanayakkara ve diğ., 2019)



Şekil 2.5 : Ağ Sistemleri

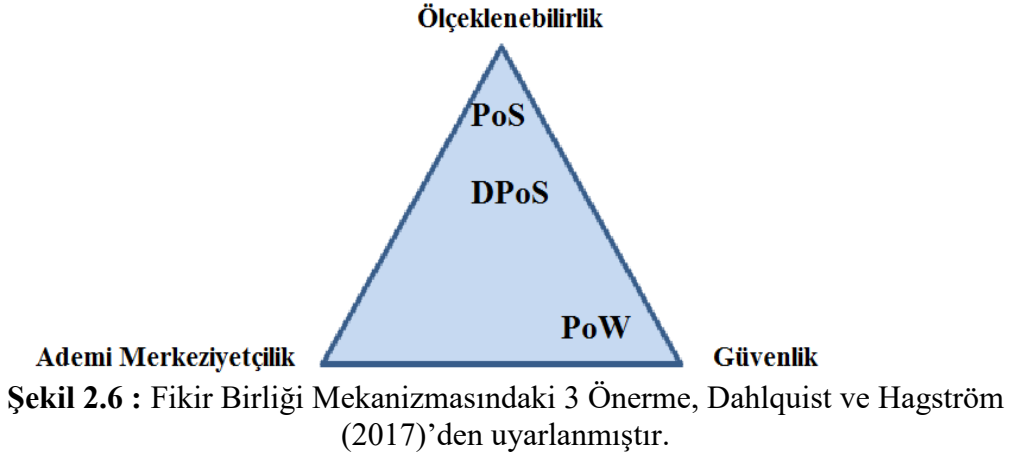
2.3.2 Fikir birliği mekanizması

Ağdaki katılımcıların kendilerini yetkili üyeler olarak kanıtlamaları gerekir. Bu nedenle, bir uzlaşma anlaşmasına varılması, dağıtılmış bir teknolojinin temel özelliklerinden biridir (Brakeville ve Perepa, 2016). Blockchain teknolojisinin uygulanmasından önce Blockchain ağındaki tüm katılımcılar arasında bir fikir birliği üzerinde anlaşmaya varılmalıdır. Bu sayede verilerin tutulduğu defterin ömür boyunca paylaşılması ve değişiklik yapılabilmesi sağlanır.

Fikir birliği mekanizması üzerinde mutabakat sağlandıktan sonra eşler, blokları ve hash zincirleri oluşturan işlemleri doğrulamak için mutabakat protokolünü uygularlar. Defter, hataların meydana gelmesini önlemek için üzerine yazmak yerine güncellenir ve eklemeler yapılır. Deftere kaydedilen yeni işlemler kullanıcılar tarafından onaylanır (Nawari ve Ravindran, 2019). Blockchain'deki fikir birliği mekanizmasını açıklarken Bizans Generali (BG) sorununa değinmek gerekir. BG sorununda, Bizans ordusunun bir kısmını yöneten bir grup general şehri kuşatır. Bazı generaller saldırmayı, diğer generaller geri çekilmeyi tercih eder. Ancak, generallerin sadece bir kısmı şehre saldırırsa saldırı başarısız olur. Bu nedenle, saldırmak veya geri çekilmek için bir anlaşmaya varmaları gerekir (Lamport ve diğ., 1982). BG sorunu, düğümlerin hatalı bir bileşene sahip olmasına rağmen bir konsensüse ulaşmayı amaçladığı dağıtılmış sistemlerde olan bir güvenlik açığıdır (Xu ve diğ. 2017). Bu açık, kötü niyetli kullanıcıların başarıya ulaşmasını veya ağ düzensizlikleri olasılığını artırır. Dağıtılmış ortamda fikir birliğine nasıl ulaşılaçağı sorunu önemlidir. Aynı zamanda blockchain ağı da dağıtıldığı için bu sorun blockchain için de önemlidir. Blockchain'de, dağıtılmış düğümlerdeki defterlerin aynı olmasını sağlayan hiçbir merkezi düğüm yoktur. Farklı düğümlerdeki defterlerin tutarlı olmasını sağlamak için bazı protokollere ihtiyaç vardır (Zheng ve diğ., 2017).

Blockchain teknolojisinde fikir birliğinin belirlenmesinde bu sorunun üstesinden gelmek amacıyla bir takım fikir birliği mekanizmaları geliştirilmiştir.

Genel olarak geliştiren düzinelerce konsensüs algoritmalarının esas olarak amacı üç adet soruna çözüm bulmaktır. Bu sorunlar: ölçeklenebilirlik, güvenlik ve ademi merkeziyetçiliktir. İyi bir fikir birliği algoritması her üç faktörü de ele almalıdır (Dahlquist ve Hagström, 2017). Bununla birlikte, gereksinime dayanarak, konsensüs algoritmaları gösterildiğı gibi bir veya iki faktörde daha uzmanlaşabilir.



En yaygın kullanılan konsensüs algoritmaları Emek İspatı (PoW), Pay İspatı (PoS), Delege edilmiş Pay İspatıdır(DPoS)

2.3.2.1 Emek ispatı (PoW)

Emek İspatı (PoW) veya madencilik mekanizması, oyun teorisi, kriptografi ve mühendisliğin bir kombinasyonunu kullanarak defterlere bir blok yazan düğümü belirleyerek çalışır (Zhang, 2017). PoW en yaygın konsensüs algoritmasıdır ve kripto para piyasası sermayesinin % 75'inden fazlasını kontrol etmede kullanılır. PoW açık bir konsensüs algoritmasıdır (Nanayakkara ve diğ., 2019). Ağdaki düğümler, bir işlemi kaydetmek için matematiksel bir bulmacayı çözmek için rekabet eder. Genellikle hesaplama açısından zor ama kolayca doğrulanabilir bir modeldir. Bulmacayı çözdükten sonra, çözümü ağdaki diğer katılımcılara yayınlayarak bir fikir birliğine varılır (Nawari ve Ravindran, 2019).

Basitçe PoW, rasgele bir sayı değiştirerek bloğun hash değerini hesaplamayı ifade eder. Bu işlem madencilik olarak tanımlanır ve yüksek enerji tüketen bir işlemdir. Madenci geçerli bir çözüm bulduğunda, doğrulama amacıyla diğer düğümlere yayınlar (Bach ve diğ., 2018).

Açık blok zincirlerinin çoğu, işlemlerine dışarıdan müdahaleyi önlemek için PoW veya türev konsensüs algoritmalarını kullanır. PoW; tek bir madenci, ağın hash gücünün % 50'sinden fazlasını kontrol etmediği sürece oldukça iyi bir güvenlik mekanizmasıdır (Vranken, 2017). Bununla birlikte, bir PoW mekanizması sayısız hesaplamalar için yüksek hesaplama gücüne ihtiyaç duyar ve bu da yüksek enerji tüketimine neden olur (Li ve diğ., 2017). En popüler iki BCT sistemi, Bitcoin ve Ethereum PoW konsensüs mekanizmasını kullanır ve bitcoin madenciliği operasyonları ve en yüksek güç için artan rekabetin bir sonucu olarak, dünya elektrik

tüketiminin yaklaşık% 0,33'ünü tüketir (Digiconomist, 2018). Bir işlem veya bir dizi işlem deftere bir blok olarak eklendikten sonra, tüm düğümler defter kaydının bir kopyasını paylaştığından, tüm defterler bu değişikliği yansıtır. Konsensüs mekanizması, dağıtılmış defterin her kopyasının neredeyse anında güncellenmesini sağlar (Lewis ve diğ., 2017)

2.3.2.2 Pay ispatı (PoS)

PoS, PoW için enerji tasarrufu sağlayan bir alternatif olarak tanıtıldı ve orta derecede enerji tüketen bir mekanizmadır. PoS açık bir konsensüs algoritmasıdır (Zheng ve diğ., 2017). PoS'un arkasındaki felsefe, daha fazla payı-hissesi olan katılımcıların ağa saldırı riskinin düşük olmasına dayanır. Bu yöntemde madencilik yapılmadığı gibi deterministik bir yöntemle hissesi fazla olanın bloğun yaratıcısı ve onaylayıcısı olma ihtimali yüksektir (Nanayakkara ve diğ., 2019). PoW gibi yüksek enerji tüketimi ve donanım ihtiyacı duymaz. Yalnızca işlem ücretleriyle çalışır dolayısıyla Pow'a kıyasla enerji tasarrufu sağlayan bir alternatiftir. Cardano kripto para birimi PoS konsensüs algoritmasını kullanır. (Bach ve diğ., 2018). Ethereum platformu da PoS mekanizmasına geçmeyi amaçlamaktadır (Nawari ve Ravindran, 2019).

2.3.2.3 Delege edilmiş pay ispatı (DPoS)

Delege edilmiş pay ispatı (DPoS) 2014 senesinde Daniel Larimer tarafından bulunmuştur (Chowdhury, 2019). DPoS mekanizması da diğer mekanizmalar gibi açık bir konsensüs algoritmasıdır. Bu mekanizmada paydaşların temsilcileri vardır. PoS ve DPoS arasındaki en büyük fark DPoS'un temsilci kullanmasıdır (Zheng ve diğ., 2017). DPoS'de paydaşlar blok oluşturmak ve doğrulamak için delegelerini seçerler. Blok üretim sürecine daha az katılımcının 'düğümün' dahil olması, ağır performansını arttırır. Saniyede 100.000 işlem yapılabilir. DPoS, düşük ila orta derecede enerji tüketimine sahip bir konsensüs mekanizmasıdır (Konstantopoulos, 2017).

Çizelge 2.1 : Konsensus Algoritmaları Karşılaştırılması, Zheng ve diğ. (2017)'den uyarlanmıştır.

Özellik	Pow	PoS	DPoS
Tür	Açık	Açık	Açık
Enerji Tasarrufu	Yok	Kısmi	Kısmi
TolereEdilebilir Saldırı Gücü	<%25 Hesaplama Gücü	<%51 Hisse	<%51 Delege
Kullanıldığı Yer	Bitcoin	Peercoin	Bitshares

2.4 Blockchain Türleri

Ye ve diğerleri (2018), Her zaman tüm blok zincirlerinin dünyadaki herhangi bir tarafa açıldığına dair yanlış anlaşılmalardan bahseder. Eğer böyle olsaydı Blockchain'de depolanan bilgilerin gizlilik sorunları olabilirdi. Aslında, bu durum, Açık blockchain adı verilen en yaygın görülen blockchain kategorisini ifade eder. Halbuki, blockchainin üç türü vardır. Bunlar: Açık Blockchain, Özel Blockchain ve Konsorsiyum Blockchain'dir.

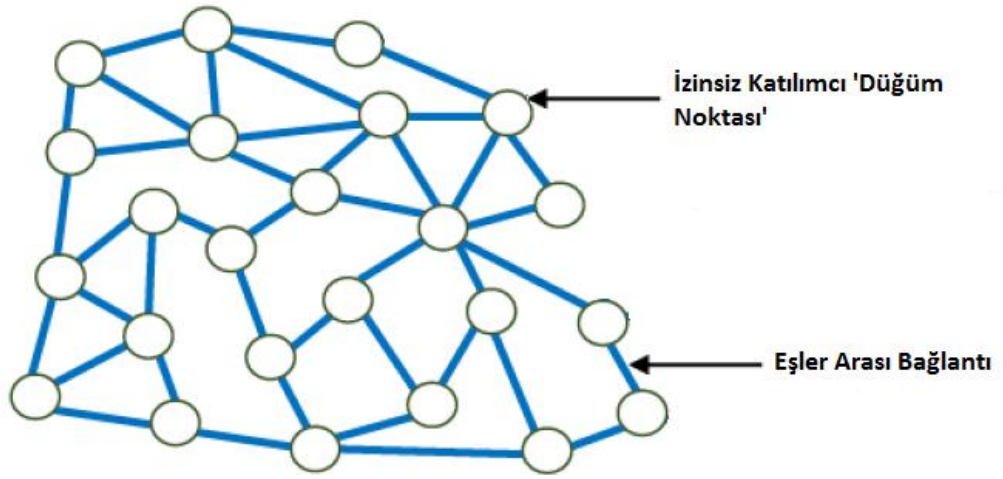
2.4.1 Açık blockchain

Genel blockchain, izinsiz blockchain olarak da bilinir ve ağın bir üyesi olarak katılmak isteyen herkese açıktır. Ağın tüm üyelerinin, blok zincirindeki herhangi bir işleme erişmesine ve okumasına izin verilir. Blok zincirine okuma ve yazma için herhangi bir kimlik doğrulaması gerekmez (Lewis ve diğ., 2017). Ancak, ağ yönetim kurallarına uymak zorunludur. Konsensüs mekanizmaları, dağıtılmış defterin doğruluğuna yardımcı olur ve güvenliğini sağlar (Martinovic ve diğ., 2017). Açık blok zincirlerde, tüm dünyadaki herhangi bir kişi veya kuruluş sistemin şartlarını sağladığı takdirde işlem gönderebilir ve işlemin geçerli olduğu doğrulanabilir. Eşler arası ağda yer alan herkes fikir birliği sürecine katılabilir. Ancak, ağ çok fazla yük nedeniyle bazen yavaş olabilir (Ye ve diğ., 2018).

Veri ve işlemlerin güvenilirliği ve tutarlılığı, blockchain teknolojisindeki konsensüs mekanizması ile sağlanmıştır. Açık blockchain'de madenciler (blok doğrulayıcı / blok üreticisi) işlemleri doğrulamak ve son olarak onaylanmış işlemleri diğer düğümlere yayınlamak için çeşitli algoritmalar kullanırlar (Li ve diğ., 2017). Yalnızca katılımcıların çoğu bir konsensüse ulaşarak onayladığında, işlem veya işlem kümesi bir blok içinde kaydedilir. Otomatik bir konsensüs mekanizması, dağıtılmış defterin her bir kopyasının neredeyse anında güncellenmesini sağlar (Lewis ve diğ., 2017). Blockchain'e bir işlem eklendiğinde, tüm düğümler defter kaydının bir kopyasını paylaştığından, tüm defterler bu değişikliği yansıtır. Açık blok zincirlerinin çoğu, özel blok zincirlere kıyasla performans ve ölçeklenebilirlik endişelerine sahiptir. Bitcoin ve Ethereum gibi ünlü açık blok zincirleri emek ispatı (PoW) konsensüs algoritmaları kullanır (Risius ve Spohrer, 2017). Bir bitcoin blok zincirinde bir İş Kanıtı konsensüs mekanizması gerçekleştirilir. 1999 yılında geliştirilen emek ispatı, sistem kullanıcıları tarafından sistemin diğer katılımcılarının

işlemlerini doğrulamak için algoritmaları tekrar tekrar çalıştırmak için kullanılır (Seibold ve Samman, 2016). Herkese açık blok zincirleri, tek bir madenci ağın % 50'sinden fazlasını kontrol etmediği sürece işlemlerin kurcalanmamasını sağladığı için emek ispatı yöntemini kullanır (Vranken, 2017). Bir emek ispatı mekanizması, hesaplama gücünün boşa harcanmasına neden olan çok fazla hesaplama gerektirir (Li ve diğ., 2017).

İnşaat sektöründeki en iyi açık blok zinciri uygulamalarından biri kamu ihaleleri olacaktır. Devlet ihaleleri, açık blok zincirinin en iyi çözümlerden biri olduğu şeffaflık ve hesap verebilirlik gibi iyi yönetim kriterlerini sürdürmelidir (Ojo ve Adebayo, 2017).



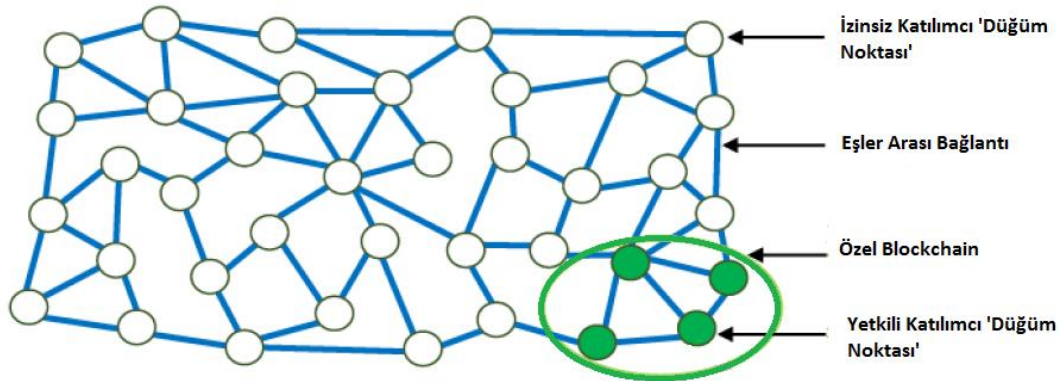
Şekil 2.7 : Açık Blockchain, Nanayakkara ve diğ. (2019)'dan uyarlanmıştır.

2.4.2 Özel blockchain

Özel blockchain, izin verilen blockchain olarak da bilinir ve yetkili katılımcılar yalnızca ağa katılabilir (Martinovic ve diğ., 2017) . Özel blok zincirlerinde, ağa katılım davetle gerçekleşir ve ağ oluşturucu veya ağ başlatıcı tarafından atanan belirli kurallar geçerlidir. Her işlem ağdaki tüm katılımcılar yerine onaylanmış taraflar veya varlıklar tarafından kaydedilir (Gramoli, 2016). Boucher (2017) 'e göre, sınırlı bir düğüm grubu dağıtılmış deftere erişim, kontrol ve işlem ekleme gücünü elinde tutmaktadır ve açık blockchain ağlarıyla karşılaştırıldığında küçük bir düğüm grubudur. Ön onaylı kişilerle sınırlandırılabilir ve ayrıca farklı erişim seviyeleri ile ilgili katılımcıları defterdeki bilgilerle sınırlamak mümkündür (Lewis ve diğ., 2017). Örnek olarak, bazı kullanıcıların defterdeki tüm verileri görüntülemesine izin verilir, ancak herhangi bir işlem eklenmesine izin verilmez. Her kullanıcının erişim düzeyine

ve alanına bağılı olarak, defterdeki işlemler görünür olacak ve deftere işlemler eklemesine izin verilecektir. İzin verilen bir blockchain'de, kullanıcıların erişim düzeyleri, rolleri ve diğer izinler önceden belirlenmiş ve başlangıç katılım aşamasında verilmiştir (Nanayakkara ve diğ., 2019).

Özel bir blockchain'de fikir birliği oluşturmak, genel blockchain ortamlarına kıyasla oldukça kolaydır (Nomura Araştırma Enstitüsü, 2016). Özel blok zinciri için birkaç seçenek vardır ve en yaygın platformlar Hyperledger Fabric, HydraChain ve Sawtooth'dur (Newgen, 2018). Özel blockchain platformu yüksek gizlilik ve güvenlik, kurumsallık, yüksek performans, daha iyi ölçeklenebilirlik, uyumluluk desteği sağlar ve daha verimli konsensüs mekanizmaları sağlar (Risius ve Spohrer, 2017; Gaugen, 2017). Bununla birlikte, açık blockchaine göre daha kontrollü bir ortam oluşur. İnşaat endüstrisi, fiyatlandırma, yasal anlaşmalar, finansal veriler ve diğerleri gibi önemli sayıda hassas verilere sahiptir. Özel blockchain ağı, gizlilik ve bütünlük gibi güvenlik özelliklerini korumak için yüksek bir kapasiteye sahiptir. Bu nedenle, özel blockchain ağları, inşaat endüstrisine güvenilir iş yazılım çözümleri sağlayabilir (Nanayakkara ve diğ., 2019).



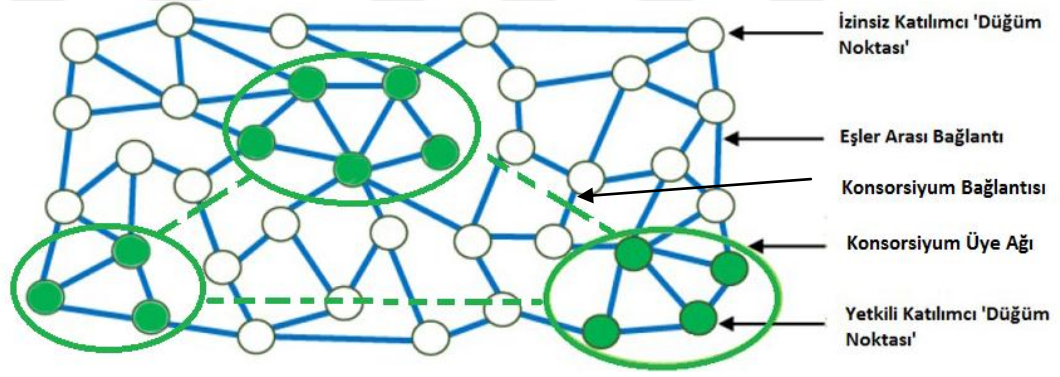
Şekil 2.8 : Özel Blockchain, Nanayakkara ve diğ. (2019)'dan uyarlanmıştır.

2.4.3 Konsorsiyum blockchain

Konsorsiyum blok zinciri, tek bir sahibi olmayan kısmen özel blok zinciri çözümüdür ve genellikle federal blok zincirler olarak adlandırılır (BlockchainHub, 2019). Konsorsiyum blok zinciri, ağ üzerinde ayrıcalığa sahip olan gruplara 'katılımcılara' sahiptir. Konsorsiyum blok zinciri platformları, özel bir blockchain gibi; gizlilik, verimlilik, ölçeklenebilirlik, performans konularında bir çok avantaja sahiptir. Fakat konsorsiyum blok zinciri platformu bir grubun yönetiminde faaliyet gösterir (Risius ve Spohrer, 2017; Gaugen, 2017). Konsorsiyum blok zincirleri, açık ve özel blok zincirlerini birleştiren basitçe hibrid blok zincirleri olarak da

adlandırılır. İşlemlerin kaydedilmesi ve blok üretimi tüm bu önceden seçilmiş gruplar tarafından belirlenir (Pass ve Shi, 2017). Geri kalan katılımcılar sadece işleme katılır, kayıt tutma sürecine müdahale etmezler ve blockchain üzerindeki sınırlı bilgileri sorgulayabilirler (Ye ve diğ., 2018). Özel blockchain'e benzer şekilde, bir konsorsiyum blockchain, farklı erişim seviyeleri ile ilgili katılımcıları sınırlandırabilir. Örnek olarak, bazı kullanıcılar onaylanmış tüm işlemleri görebilirken, bir diğer başka kullanıcılar defterdeki kayıtların ve kullanıcı işlemlerinin bir kısmını görüntüleyebileceklerdir (Nanayakkara ve diğ., 2019).

Bugünün işletmeleri geçmişte olduğundan daha fazla network kullanma eğilimindedir. İnşaat endüstrisi de birçok konsorsiyum ve ortaklık düzenlemesine sahiptir. Arttırılmış ortaklık güveni, yüksek işbirliği ve şeffaflık konsorsiyum blockchain ile inşaat endüstrisine sunulabilir (Pass ve Shi, 2017).



Şekil 2.9 : Konsorsiyum Blockchain, Nanayakkara ve diğ. (2019)'dan uyarlanmıştır.

Çizelge 2.2 : Blockchain Türlerinin Karşılaştırılması, Dujak ve Sajter (2019)'dan uyarlanmıştır.

Özellik	Açık Blockchain	Konsorsiyum Blockchain	Özel Blockchain
Fikir Birliği Kararı	Tüm Katılımcılar	Seçili Katılımcılar	Seçili Organizasyon
Görme izni	Açık	Açık/kısıtlı	Açık/Kısıtlı
Değişmezlik	Çok Yüksek	Yüksek	Yüksek
Verimlilik	Düşük	Yüksek	Yüksek



3. BLOCKCHAIN'IN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI

Turk ve Klinc (2017), inşaat sürecinin işbirliğine dayalı bir süreç olduğundan bahseder. Örneğin, Londra'daki Crossrail projesinde sadece İngiltere'den 700'den fazla tedarikçi proje dahil olmuş, dünya'nın en uzun binası ünvanına sahip olan Burj Khalifa'nın inşaatı sırasında 100'den fazla ülkeden 12.000'den fazla işçi çalışmıştır. Böylesine büyük çaplı projelerde tedarik zincirini yönetmek için, devam etmekte olan işleri takip etmek için, zamanlama, maliyet ve ödemeleri ayarlamak için, muazzam çaba ve kaynaklara ihtiyaç vardır (Penzes, 2018). İnşaat projeleri birden çok paydaş ve kuruluşu içerirken, projenin karmaşıklığı paydaşlar ve kuruluşlar arasında sorunlara yol açmaktadır (Nawi ve diğ., 2014). Öte yandan, inşaat sektörü, düşük verimlilik, zayıf düzenleme ve uyumluluk, yeterli işbirliği ve bilgi paylaşımının olmaması ve zayıf ödeme yöntemleri gibi birçok zorlukla karşı karşıyadır (Li ve diğ., 2019). Giderek büyüyen inşaat sektöründe paydaşlar arasında güvenin sürdürülmesi zordur, bağlantılar bilgi paylaşımını engelleyecek kadar karmaşıktır ve sonuç olarak zaman kaybı ve süreç maliyetleri ortaya çıkar (Di Giuda ve diğ., 2020). Dakhli ve diğ. (2019), inşaat sektörünün güven eksikliği yaşadığını, aracı kurum ve kuruluşlara çok bağlı olduğunu, tüm sürecin yüksek para ve efora dayandığını buna rağmen değer katmada eksik kaldığını belirtir.

Blockchain, inşaat sektöründeki mevcut sorunların çözümünde önemli bir rol oynayabilir. Blockchain teknolojisi, yönetim ile ilgili sorunları çözme olanağı sağlayarak paydaşlar arasında güven, değişmezlik, doğruluk ve şeffaflık sağlar (Wang ve diğ., 2017).

3.1 Yapılandırılmış Literatür Taraması

3.1.1 Literatür seçimi

Blockchain teknolojisinin inşaat sektöründeki kullanım alanları ile ilgili yayın araştırması yapılırken çeşitli veritabanlarından anahtar kelime araması yapılmıştır. “Blockchain”, “AEC”, “Construction”, “BIM”, “Smart Contracts”, “Supply Chain”

anahtar kelimeleri içeren yayınlar araştırılmış, inşaat sektörü ile ilgili olmayan yayınlar elenmiştir. Onun dışında herhangi bir zaman kısıtlaması olmaksızın günümüze kadar olan yayınlar gözden geçirilmiştir. Sonuç olarak aralarında konferans, makale, master tezi, rapor ve kitap bölümlerinden oluşan toplam 48 adet yayın incelenmiştir.

3.1.2 Araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi

3.1.2.1 Yayınlardaki anahtar kelimeler

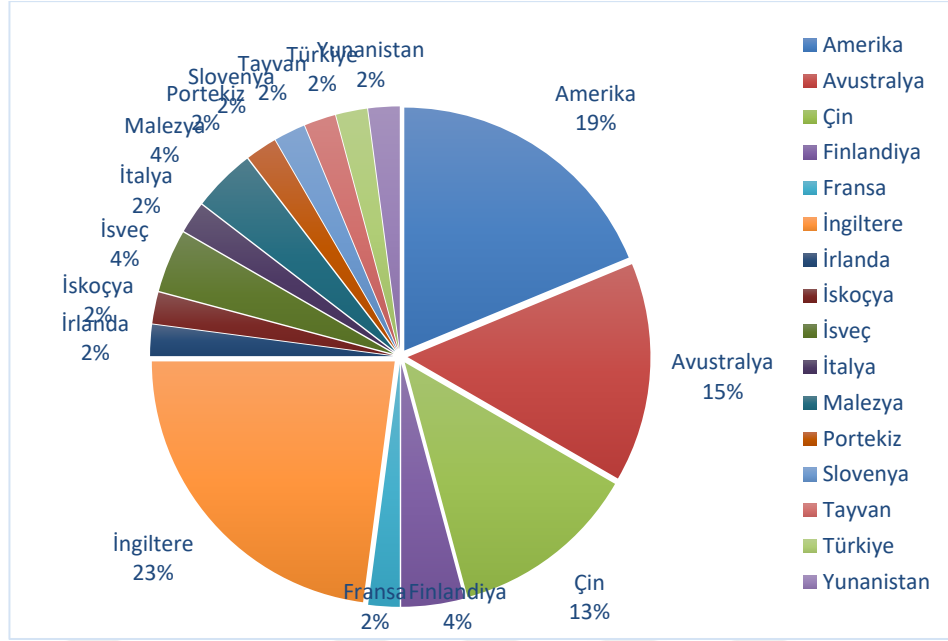
İncelenen 48 adet yayında en çok kullanılan anahtar kelimeler Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. En çok kullanılan anahtar sözcük 41 kez kullanılan Blockchain olup, onu 25 defa kullanılan Akıllı Sözleşme ve İnşaat kelimeleri izlemektedir. Daha sonra sırasıyla, BIM, Tedarik Zinciri, Dijitalleşme ve diğer anahtar kelimeler gelmektedir. Bu sıralama blockchain teknolojisinin, inşaat sektöründeki sözleşmesel ve tedarik yöntemleri ile ilgili sorunları çözmede potansiyeli olduğunu ve BIM ile beraber kullanılarak hem BIM’in mevcut sorunlarının bir kısmına çözüm getirebileceği hem de inşaat sektöründe dijitalleşmeyi artırabileceğini göstermektedir.

Çizelge 3.1 : Anahtar Kelimeler ve Sıklıkları

Anahtar Kelimeler	Görülme Sayıları	Sıklıkları
Blockchain	41	85%
Akıllı Sözleşme	25	52%
İnşaat	25	52%
BIM	21	44%
Tedarik Zinciri	11	23%
Dijitalleşme	7	15%
IOT	5	10%
Uygulama	4	8%
Sürdürülebilirlik	3	6%
Bitcoin	1	2%

3.1.2.2 Yayınlanan ülkelere göre değerlendirme

Araştırma sonucu incelenen 48 yayının ülkelere göre sınıflandırılması Çizelge 3.2 ve Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Buna göre en çok yayın yapan ülkeler sırasıyla 11 yayımla İngiltere, 9 yayımla Amerika Birleşik Devletleri, 7 yayımla Avustralya ve 6 yayımla Çin olmuştur. Bu ülkelerdeki yayınlar toplam yayınların yaklaşık %70’ini oluşturmaktadır.



Şekil 3.1 : Yayınların Ülkelere Göre Dağılım Yüzdesi

Çizelge 3.2 : Yayınların Ülkelere Göre Dağılımı

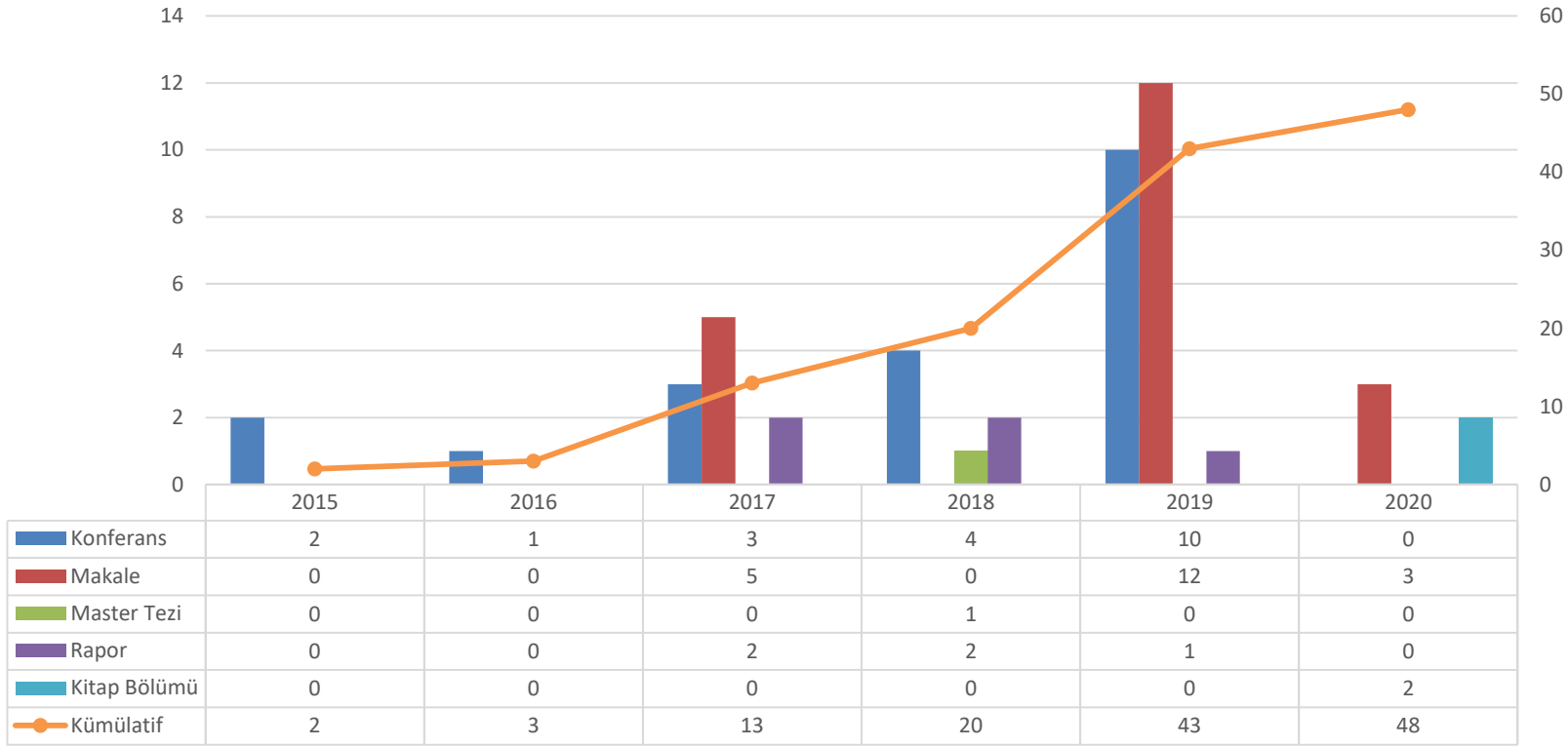
Yayınların Ülkesi	Yayınların Sayısı
İngiltere	11
ABD	9
Avustralya	7
Çin	6
Finlandiya	2
İsveç	2
Malezya	2
Fransa	1
İrlanda	1
İskoçya	1
İtalya	1
Portekiz	1
Slovenya	1
Tayvan	1
Türkiye	1
Yunanistan	1

3.1.2.3 Yayınların türlerine göre değerlendirilmesi

Araştırılan 48 adet yayının türleri ve yıllara göre dağılımı Çizelge 3.3 ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Toplamda 48 yayının dağılımı 20 makale, 20 konferans, 5 rapor, 2 kitap bölümü, 1 master tezi olarak belirlenmiştir. 2015 yılından günümüze kadar olan süreçte genel olarak 2017 senesinden başlayarak en çok yayın sayısına 2019 senesinde sıçrama yaparak 12 makale ve 10 konferans ve 1 rapor ile toplam 23 adet olmak üzere ulaşılmıştır. Bu durum inşaat sektöründe blockchain konusunun ilgi çekmeye başladığını ve sektördeki problemleri aşmak için potansiyeli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3.3 : Yayın Türlerinin Yıllara Göre Sınıflandırılması

Yıl	Konferans	Makale	Master Tezi	Rapor	Kitap Bölümü
2015	2				
2016	1				
2017	3	5		2	
2018	4		1	2	
2019	10	12		1	
2020		3			2
Genel Toplam	20	20	1	5	2



Şekil 3.2 : Yayın Türlerinin Yıllara Göre Sınıflandırılması

3.1.2.4 Yayınların yayıncılara göre değerlendirilmesi

Araştırılan yayınların yıllara ve yayıncılara göre değerlendirilmesi Çizelge 3.4’de gösterilmiştir. Buna göre ScienceDirect 6, ASCE 4, Taylor&Francis 3, CIB Konferansı 3 adet yayın çıkarmıştır.

Çizelge 3.4 : Yayınların Yayıncılara Göre Değerlendirilmesi

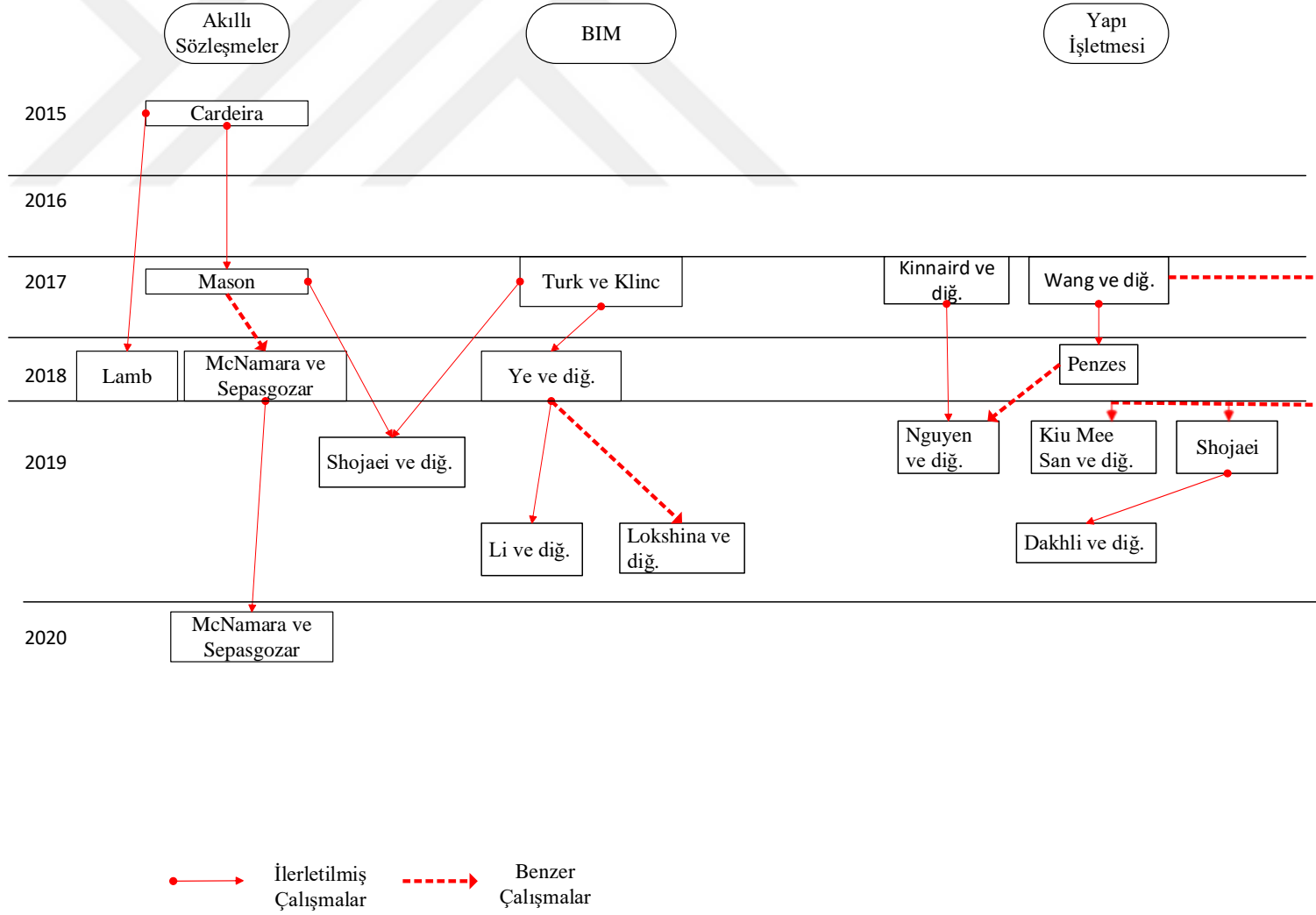
Yayıncılar	Yıl						Genel Toplam
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
ScienceDirect			1		3	2	6
ASCE			1		3		4
CIB Konferans					3		3
Taylor&Francis			1		1	1	3
ARUP			1		1		2
IEEE		1	1				2
MDPI					2		2
Springerlink					1	1	2
AUBEA Konferans				1			1
Caadria					1		1
CCC Konferans				1			1
CDBB				1			1
CITA Konferans			1				1
DADA Konferans			1				1
DMST Konferans	1						1
EC					1		1
Emerald						1	1
Engineering			1				1
ETLA			1				1
HBR			1				1
Hindawi					1		1
ICE				1			1
ICEC Konferans				1			1
ICSIC Konferans					1		1
IOP Konferans					1		1
ISARC Konferans				1			1
ISEC Press					1		1
Itcon					1		1
MCRJ					1		1
Sciennovation					1		1
SCL Konferans	1						1
Tez				1			1
Genel Toplam	2	1	10	7	23	5	48

3.1.2.5 Yayınlanan makalelerin dergilere göre değerlendirilmesi

Çizelge 3.5 : Yıllara Göre Dergilerdeki Makale Sayıları

Dergi	Makale Sayıları			
	2017	2018	2019	2020
Automation in Construction			2	1
Buildings			1	
Computing in Civil Engineering			1	
Construction Research And Innovation	1			
Construction Innovation				1
Electronics			1	
Frontiers of Engineering Management	1			
Harward Business Review	1			
Information Technology in Construction			1	
International Journal of Production Research			1	
Journal of Industrial Information Integration			1	
Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction	1		1	
Journal of Structural Science and Innovation			1	
Malaysian Construction Research Journal			1	
Mathematical Problems in Engineering			1	
Procedia Computer Science			1	
Procedia Engineering	1			

3.1.2.6 Araştırma Haritası



Şekil 3.3 : Araştırma Haritası

Cardeira (2015) yaptığı araştırmada kripto para birimleri ile birlikte akıllı sözleşmelerin inşaat endüstrisine mal sahibi, ana yüklenici ve taşeronlar arasındaki ödemeleri hızlandırmak ve iflaslara karşı koruma sağlamak için etkili bir yöntem sağlayabileceğinden bahseder. Ayrıca, inşaat sektöründe akıllı sözleşmelerin uygulanmasının önündeki engelleri de belirtir. Mason (2017), akıllı sözleşmeleri BIM'in bir uzantısı olarak tanımlandığı zaman daha etkili bir şekilde çalışabileceğini savunur. Akıllı sözleşmelerin sağlayacağı katkı ve uygulanmasındaki engellerin yanı sıra, hâlihazırda yarı otomasyonlu akıllı sözleşmelerin daha uygun olabileceğini düşünmektedir. Lamb (2018) ise yaptığı araştırmada akıllı sözleşmeleri ve ilgili proje yönetimi süreçlerinde akıllı sözleşmelerin nasıl uygulanabileceğini anlatır. Daha sonra ise akıllı sözleşmelerin önündeki destek ve engellerle birlikte blockchain teknolojisinin özelliklerini anlatarak yeni bir teknoloji olduğundan bahseder. Blockchain ve akıllı sözleşmelerin birlikte kullanıldığı start-up firmalardan bahseder. Son olarak blockchain teknolojisinin, özellikle inşaat sektörüne benzer herhangi bir sektörde kanıtlanmadığı zaman, büyük ölçekte uygulanacak kadar henüz olgunlaşmamış olduğu fikrini savunur. McNamara ve Sepasgozar (2018) akıllı sözleşmelerin inşaat endüstrisinde en iyi nasıl uygulanabileceğini ve mevcut sistemlerde ne gibi değişikliklere sebep olabileceğini anlatır. Ayrıca, akıllı sözleşmelerin sağlayacağı ödeme güvencesinin, küçük şirketlerin sektörde güvenle faaliyet göstermesine katkıda bulunacağından bahseder. Yaptığı çalışmada, BIM'in inşaat sektöründe akıllı sözleşmelerin uygulanması için uygunluğunu araştırmıştır. McNamara ve Sepasgozar (2020) ise yaptıkları son çalışmada inşaatta akıllı sözleşmelerin kabul edilip edilmediğini tahmin etmek için yeni bir teorik teknoloji kabul modeli geliştirmiştir. Bu model, inşaat sözleşmesi ortamında akıllı sözleşme kavramının hazır olup olmadığını değerlendirmek için yaratılmış ve sektördeki uzman kişilerle görüşülerek değerlendirilmiştir. Diğer tüm yeniliklerde olduğu gibi akıllı sözleşmelerin de birçok problemle karşılaşacağını belirtmekle birlikte daha işbirlikçi uygulamalara yönelik tutumlara önyak olabileceğini bahseder. Akıllı sözleşmelerin inşaat sırasında sorunlar ortaya çıktığında kullanılacak bir silah olarak değil, anlaşmazlığı en aza indirmek ve inşaat sürecine verimlilik ve netlik katmak için sürekli olarak kullanılacak bir araç olduğunu belirtir.

Turk ve Klinc (2017) yaptığı çalışmada blockchain teknolojisinin özelliklerinden, inşaat sektörüne katabileceklerinden ve özellikle de sektörün BIM'i kullanmasını engelleyen veri sahipliği, gizlilik, değişiklik takibi, aracısızlık, izlenebilirlik gibi

konularda çözüm olma potansiyelinden bahseder. Ye ve diğ (2018), BIM kullanımının inşaat sektöründe gelişme ve dijitalleşme anlamında çok şey kattığını fakat sektördeki mevcut sorunların çözümünde tek başına yetersiz kaldığından bahseder.

Internet of Thing (IoT) ve blockchain teknolojisinin inşaat sektörü için BIM ile entegre edilebilen iki teknoloji olduğunu belirterek, bu teknolojilerin entegrasyonu ile, tüm bina yaşam döngüsü boyunca verilerin güvenli, şeffaf bir şekilde saklanabileceğini söyler. Son olarak bu üç teknolojinin bir arada kullanılabileceği “su bardağı” adlı bir teori sunulur. Li ve diğ. (2019) BIM, blockchain, IOT ve akıllı sözleşmeler arasındaki etkileşimleri analiz etmiş ve bu teknolojilerin birlikte kullanıldığı bir küçük çaplı simülasyon tasarlamışlardır. IoT cihaz doğrulaması, BIM verilerinin desteklediği akıllı sözleşmelere sahip blok zincirinin, sözleşmeye bağlı ödeme sürecini nasıl hızlandırabileceğini gösteren bir kullanım örneği sunulmuştur. Lokshina ve diğ (2019), IoT ve BIM teknolojilerinin birlikte kullanımını güvence altına almak ve kontrol etmek için blockchain teknolojisinin kullanıldığı bir sistem önermektedir. Böylece inşaatın verimliliği, insanların ve varlıkların güvenliğinin sağlanmış olabileceğinden bahsederler. Shojaei ve diğ. (2019) BIM ve blockchain'i entegre ederek akıllı sözleşmelerin uygulanmasını sunmaktadır. Önerilen tasarımda ödeme şekli olarak kripto para birimi yerine, mevcut bankacılık sisteminin entegrasyonu ve işlemlerde para birimlerinin kullanılmasını tartışmaktadır.

Wang ve diğ. (2017), inşaat sektöründe blockchain teknolojisini uygulama potansiyelini araştırmışlardır. Blockchain teknolojisinin türleri ve inşaat sektöründe uygulama alanları açıklandığı gibi, teknolojinin uygulamasının zorlukları da ele alınmıştır.

Kiu Mee San ve diğ. (2019), blockchain uygulamalarının inşaat sektöründeki potansiyelini anlatmıştır. Ayrıca blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe, potansiyelini gösterebileceği özelliklerini de incelemiştir. Son olarak blockchain teknolojisinin inşaat endüstrisinde benimsenmesi durumunda ortaya çıkabilecek sonuçları tartışmıştır. Shojaei (2019) çalışmasında blockchain teknolojisinin, inşaat endüstrisinin bilgi yönetim sistemlerini geliştirmedeki rolünü incelemiştir. Blockchain teknolojisinin sadece inşaat endüstrisindeki bazı yaygın sorunların çözümünde potansiyele sahip olmadığı, aynı zamanda inşaat endüstrisi yapısına ve uygulama şekline de uyartılabileceği sonucuna varmıştır. Penzes (2018) çalışmasında blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe sunduğu fırsatları biraz

netleştirip, sektördekilerin ilgisini çekmek istemektedir. İnşaat sektöründeki kullanım alanlarını geniş bir çerçevede sunmuş ve uygulamada karşılaşılabilecek problemleri tanımlamıştır. Kinnaird ve diğ. (2017) hazırladığı raporda blockchain teknolojisinin dünyada uygulanmasıyla birlikte inşaat endüstrisi için olası fırsatları araştırmıştır. Blockchain teknolojisinin özelliklerinden, yapısından uygulama alanlarına kadar geniş bir yelpazede anlatılan raporda blockchain teknolojisinin birçok soruna çözüm olabileceğı gibi uzun vadede çözölmesi gereken belli başlı sorunlarının da olduğundan bahseder. Nguyen ve diğ. (2019) hazırladıkları rapor Arup'un inşaat sektöründeki blockchain teknolojisi üzerine yayınlanan ikinci raporudur. Bu güncellenmiş baskıda, blockchain teknolojisinin nereye gidebileceğini ve inşaat sektörü için ne ifade ettiğini anlatmaktadır. Çeşitli uzman görüşlerine dayanarak yapılan araştırmada blockchain teknolojisinin sektör tarafından yavaş yavaş benimsenmesinin 2025 yılından önce pek mümkün olmadığı belirtilmiştir. Dakhli ve diğ. (2019) çalışmalarında ilk olarak, blockchain teknolojisinin temelini oluşturan düşünceyi, nasıl çalıştığını ana hatlarıyla açıklar ve teknolojinin potansiyel sınırlamalarını belirtir. Sonrasında, bir örnek çalışma kullanarak, bir emlak şirketi için blockchain kullanımından kaynaklanan potansiyel maliyet tasarruflarını inceler. Sonuçlar % 1,26'lık standart sapmayla, blockchain kullanımında toplam konut inşaatı maliyetinin % 8,3'ünde potansiyel bir maliyet tasarrufunu ortaya koymaktadır. Ortalama net kar, % 2.5 standart sapma ile % 6'dır. Blockchain teknolojisi kullanımında potansiyel maliyet tasarrufu, mevcut net kardan daha yüksektir.

Yapılan literatür araştırması sonucunda, incelenen kaynakların birçoğı blockchain teknolojisinin özellikleri, türleri ve inşaat sektöründe hangi alanlarda kullanılabileceğine dair araştırmalardan oluşmaktadır. Blockchain teknolojisi özellikle BIM ve akıllı sözleşmelerle inşaat sektörünün verimini artırabilecek kapasiteye sahiptir. Yayınlarda belirli bir model oluşturma veya örnek vaka analizi inceleme konuları eksik ya da oldukça kısıtlıdır. Genellikle sektörün yapısına göre tahminler yürütölmektedir. Literatürde blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe kullanımı ile ilgili destekler ve engeller yeterince işlenmemiş ve SWOT analizi hakkında eksiklikler mevcuttur. Tespit edilen literatürdeki eksiklikler bu tez ile giderilmeye çalışılmıştır.

Teknolojinin sahip olduğı bu kapasitenin faaliyete geçebilmesi için inşaatın belirli kısımlarında örnek projelerle kullanılıp desteklenmeli, özellikle IoT konusu daha çok araştırılmalı ve bu konudaki yayın sayısı artmalıdır. Dünya üzerinde blockchain

teknolojisini akıllı sözleşmeler ve BIM ile entegre etmeye çalışan birkaç start-up bulunmaktadır. Bunların sayısının artması, sektörün blockchain teknolojisine bakışını olumlu anlamda değiştirecektir.

3.2 Blockchain Teknolojisinin Uygulama Alanları

3.2.1 Akıllı sözleşmeler

Lauslahti ve diğ. (2017) sözleşmeleri, tarafların yasal ilişkilerinde değişiklikler yapabildiği veya gelecekte yapılması planlanan işlerin düzenlendiği önemli bir yasal araç olarak tanımlar. Norros ve Hemmo (2016) ise sözleşmenin her iki tarafın sorumluluklarını belirli normlara göre belirleyen, iki veya daha fazla taraf tarafından özel hukuk kapsamında verilen bir dizi yükümlülük ve ilgili haklar olduğunu ayrıca, tarafların sözleşmede taahhüt ettikleri yükümlülüklerin bilincinde olduğundan bahseder. İnşaat projelerinde sözleşmeler projenin devamı için oldukça önemlidir. Mal sahibi ile yüklenici arasındaki sözleşmenin etkili bir şekilde yönetilmesi, proje kalitesi için çok önemlidir ("Construction Contract Administration," 2012). Abdul-Malak ve Khalife (2017) inşaat projelerinin büyüklüğü ve karmaşıklığındaki artışla birlikte proje bedeli, tamamlanma süresi ve proje kapsamının inşaat süresince sürekli değişim eğiliminde olmasının, sözleşme yönetimini oldukça güçleştirdiğinden bahseder. Konumuz olan akıllı sözleşmeler ise ilk olarak 1994 yılında Nick Szabo tarafından belirtilmiştir. Szabo, akıllı sözleşmeler ile fiziksel nesneleri birleştirerek akıllı mülkiyeti tasarlamıştır. Akıllı mülkiyet örneği olarak, bir araç kredisi ödemesinin aksatılması durumunda akıllı sözleşmenin arabayı çalıştırmak için kullanılacak dijital anahtarları otomatik olarak devre dışı bırakabileceğini belirtmiştir (Szabo, 1994). Otomatik sözleşmeler, hükümlerini ve yükümlülüklerini kendi kendine yöneterek, geleneksel sözleşmelere bir alternatif olarak düşünülebilir (Koç ve Gürgün, 2020). Cardeira (2015) akıllı sözleşmeleri, bir sözleşmenin müzakere edilmesini veya icra edilmesini kolaylaştıran, sözleşmedeki gereklilikleri uygulayan, doğrulayan ve uzun maddeli sözleşmelere olan ihtiyacı ortadan kaldıran bilgisayar protokolleri olarak tanımlamaktadır. Swan (2015) ise akıllı sözleşmeleri blockchain özellikli bir sözleşme olarak tanımlayıp, işlevinin bir bölümünü kendi başına yürütebilecek bir kapasiteye sahip olduğunu belirtmektedir. Blockchain, bağımsız taraflardan oluşan bir grubun, tüm katılımcılar arasında otomatik olarak uzlaşan evrensel veri kaynakları ile çalışmasına izin verir. Verilerdeki mülkiyet hakları ve

veri işlemlerinin yetkilendirilmesi; 3. tarafların müdahil olması, doğrulama veya tahkim gerekmeksizin blockchain teknolojisi sayesinde uygulanır. Blockchain teknolojisinin getirdiği otomasyon özelliği ile sözleşmeler, kendini uygulayabilen, doğrulayabilen ve sınırlayabilen algoritmalar içerir (Aste ve diğ., 2017). Akıllı sözleşmelerin inşaat projelerinde kullanımı bir çok mevcut sorunun üzerinden gelebilir.

Akıllı sözleşmenin otomasyonu projeye değer katacağı gibi sözleşmenin maddelerinin otomatik olarak uygulanmasını da sağlayacaktır. Tarafların gayri meşru davranmalarını daha da zorlaştıracaktır. Mantık üzerine kurulu ve tamamı tanımlanmış bir anlaşmazlık prosedürüne sahip olmak, otomasyonu ve yönetim kabiliyetini arttıracacağı gibi verimliliğe de büyük ölçüde katkı sağlayacaktır (McNamara ve Sepasgozar, 2018).

İçeride tutulan ödemeler veya ödenmeyen hakedişler mevcut inşaat sektöründe ciddi bir sorundur ve iş başarısızlıklarının ve artan anlaşmazlıkların ana nedeni olarak vurgulanmıştır. Akıllı sözleşmeyle, fonlar veya kripto para birimleri; genel yüklenicileri, taşeronları ve tedarikçileri geç ödemelerin sebep olacağı iflase karşı koruyabilir. Örneğin, bir inşaat projesi önceden belirlenen ara hedefine ulaştığında, yüklenici mal sahibi ile yaptığı akıllı sözleşme yoluyla otomatik bir ödeme alabilir. Bu durum aynı zamanda, genel yüklenici ile diğer tüm proje paydaşlarının arasındaki ödemelerde de sözleşme koşullarına göre otomatik olarak gerçekleşecektir (Wang ve diğ, 2017). Akıllı bir sözleşme, bir gönderi teslim edilir edilmez tedarikçiye ödeme gönderebilir. Bir firma, blockchain aracılığıyla belirli bir malın alındığını bildirebilir veya ürün GPS özelliğine sahip olabilir ve ilgili konuma geldiğinde otomatik olarak ödeme gerçekleştirilebilir (Iansiti ve Lakhani, 2017).

Akıllı sözleşmeler ile birlikte sözleşme yönetim sürecinin verimliliğinin artışı da söz konusudur. Akıllı sözleşmeler, geleneksel sözleşmelerle karşılaştırıldığında otomasyon ve dış müdehaleye karşı koruma sistemi sayesinde sözleşme kaydı, takibi ve güncellemesi açısından büyük zaman tasarrufu sağlayabilir. Avukat ve yöneticilere olan ihtiyacı azaltıp zaman ve para tasarrufu sağlar (Wang ve diğ, 2017; Lamb, 2018).

Blockchain teknolojisi, ödemelerin hızlandırılmasında yardımcı olabilir. Blok zincirindeki bloklarda, “if-this-then-that” mantığı kullanılarak gerekli mesajları ve ödemeleri otomatik olarak düzenleyen kodlar üretilebilir. Eğer taraflar ödemeler üzerinde açık bir şekilde anlaşabilirlerse ve ödeme koşullarını kodlayabilirlerse

ödemeler oldukça hızlı bir şekilde gerçekleşebilir. Blok zincirlerine kaydedilen bu kodlarla akıllı sözleşmeler oluşturulur (Lewis ve diğ, 2016).

Şekil 3.4, Ethereum blok zinciri platformuna dayalı olarak geliştirilen basit bir örneği göstermektedir. Sözleşme, şantiye sıcaklığının 40 dereceden daha yüksek olması durumunda mal sahibinin inşaat yüklenicisine belirli bir miktar ödenek ödeyeceğini belirtir (Ethereum, 2016). Akıllı sözleşme uygulandığında mevcut inşaat sektöründe önemli gelişmeler sağlanabilir (Wang ve diğ, 2017). Bilgisayar kodlarının doğası gereği, yasal dilden çok daha okunabilir ve öngörülebilirdir. Taraflar ödeme şartlarını, test edilebilecek bilgisayar kodunda ortak bir platforma yazarak oluşturacakları blockchain özellikli akıllı bir sözleşme ile aynı zamanda çok daha şeffaf bir zemin oluştururlar (Lewis ve diğ, 2016).

```
SOLIDITY CONTRACT SOURCE CODE

1 pragma solidity ^0.4.2;
2
3
4 contract MyContract {
5     /* Constructor */
6     address public contractor;
7     uint256 public allowance;
8     uint256 public temperature;
9
10    mapping (address => uint) public balanceOf;
11    event Transfer(address _from, address _to, uint value);
12
13
14    function token(uint supply) {
15        balanceOf[msg.sender] = supply;
16    }
17
18    function transfer (address contractor, uint256 allowance) {
19        if (temperature < 40) throw;
20        if (balanceOf[msg.sender] < allowance) throw;
21        if (balanceOf[contractor] + allowance < balanceOf[contractor]) throw;
22
23        balanceOf[msg.sender] -= allowance;
24        balanceOf[contractor] += allowance;
25        Transfer (msg.sender, contractor, allowance);
26    }
27 }
28 }
```

Şekil 3.4 : Akıllı Sözleşme Örneği, Wang ve diğ. (2017)'den uyarlanmıştır.

Akıllı sözleşmelerin en önemli avantajlarından biri, efektif olmasının yanı sıra, ilgili tüm taraflar için yüksek şeffaflık düzeyidir. Doğru sözleşmelerin yapılması ve etkili bir şekilde yönetilmesi çok önemlidir. Ancak dünyanın en iyi sözleşmesine sahip olsanız bile, şeffaflığınız yoksa başarıya ulaşmanız güçtür (Walcroft, 2018). Blockchain teknolojisi ile akıllı sözleşmelerde şeffaflık sağlanacağından dolayı inşaat sektöründe akıllı sözleşmelerin benimsenmesinin, taraflar arası güven ortamını arttıracakı düşünülmektedir (Penzes, 2018). İnşaat projeleri için genellikle karmaşık sözleşmeler ve koşullar uygulanır. Bir projenin tüm yaşam döngüsü boyunca, sözleşmeye göre tüm taraflar arasında her düzeyde işbirliği sağlamak zor olabilir. Akıllı sözleşmelerle her eylemin her zaman önceden kararlaştırılan şartlara göre

gerçekleşmesi sağlanabilir (Lamb, 2018). Koç ve Gürgün (2020), okunabilir basit sözleşme düzeni, müşterilerin risklerinde azalma, sorumluluk ve risk tahsisinde netlik, çeşitli paydaşlar tarafından anlaşılmasının kolay olması ve anlaşmazlıkları azaltılmasının akıllı sözleşmelerin uygulanmasında en önemli beş faktör olduğunu belirtmektedir.

Genel olarak, akıllı sözleşmelerle; inşaat işlerini yürütmek için gerekli fonların ve finansmanın mevcut olacağı garanti edilebilir; ana yüklenicileri, alt yüklenicileri ve tedarikçileri geç ödemelerden koruyabilir, projeye dahil olan tarafların iflası önlenir, zaman ve para tasarrufu ile birlikte güven ortamı oluşturulabilir (Cardeira, 2015).

3.2.2 Tedarik zinciri

Tedarik zinciri, nihai tüketiciye ürün veya hizmet sunmak için yukarı yönlü (tedarikçiler) ve aşağı yönlü (müşteriler) olarak bağlanan birden fazla firmanın farklı süreçlerinden oluşan bir ağıdır (Christopher, 1992, Mentzer ve diğ., 2001). İmalat sanayinde gelişen Tedarik Zinciri Yönetimi kavramı son yıllarda bulut sistemi, yapay zeka, veri bilimi gibi modern bilgi ve iletişim teknolojilerini özümsemeye çalışmaktadır (Ross, 2015).

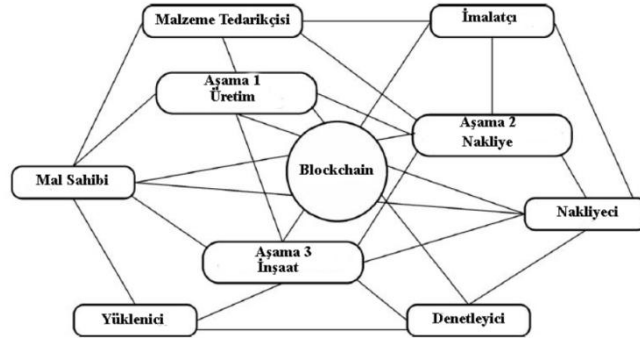
Geleneksel tedarik zincirinin temel zorluğu, tedarik zinciri boyunca açık ve güvenilir bir bilgi kaynağı olmayışıdır. Müşterilerin ve alıcıların, şeffaflık ve izlenebilirlik eksikliği nedeniyle satın aldıkları ürünlerin gerçek değerini doğrulamak ve onaylamak için güvenilir bir yolu yoktur. Özellikle de inşaat sektöründeki tedarik zinciri genellikle tasarım ve iş akışından ayrı olarak ele alınır bu da nihai ürünün kalitesini etkiler (Matthews, 2017; Hijazi ve diğ., 2019).

Tipik bir tedarik zinciri, yan yana konulan bir dizi ikili sözleşme bağlantısıdır. Bunlar; malzeme veya ekipman alımı için alıcı-satıcı bağlantısı, ürünlerin taşınması için ürün dağıtım bağlantısı ve envanter dağıtım için envanter seviyelerini gösteren bağlantılardır. Tedarik zincirindeki her bağlantı bilgi paylaşımı ve güven açısından risk içerir (Wang ve diğ., 2017). Tedarik zincirindeki taraflar genellikle bir kerelik projeler gerçekleştirmek için geçici olarak bir araya gelir ve bu paydaşlar arasında parçalanmış veri, güven sorunları ve çatışmaya yol açar (Kinnaird ve diğ., 2017).

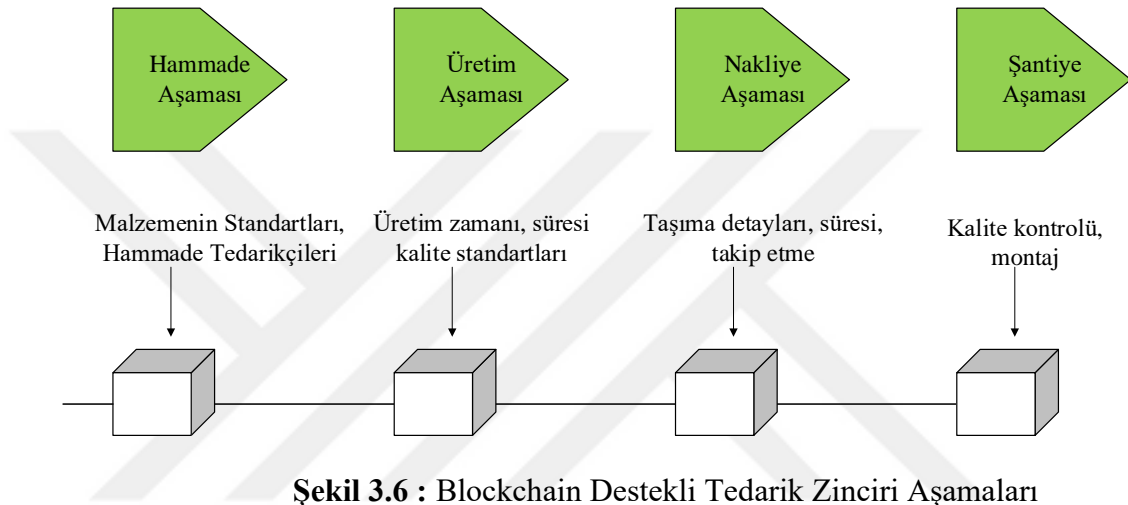
İnşaat gibi proje tabanlı sektörlerin tedarik zincirleri, karmaşıklıklardan dolayı doğası gereği belirsizliklere sahiptir (Behera ve diğ., 2015). İnşaat tedarik zincirlerinin

dinamik ve karmaşık doğası, müşteri, yüklenici, taşeronlar, tedarikçiler de dahil olmak üzere paydaşların çoğunu olumsuz yönde etkiler. En olumsuz etkilerinden biri ödemeler konusundadır. Bunlar; sözleşmelerde öngörülen uzun ödeme sürelerinin daha da üzerine çıkılması, (Danuri ve diğ., 2006) inşaat sektöründe önemli sayıda kısmi ödeme yapılması veya ödemelerin yapılmaması olarak sayılabilir (Ramachandra ve Rotimi, 2011). Ödeme konusundaki sıkıntılar nedeniyle finans maliyeti, gecikme riskinden dolayı önemli ölçüde artmıştır. Ayrıca, düşük şeffaflığa sahip tedarik zincirleri, teslimat kalemlerinin güvenlik seviyesini zayıflatmaktadır (Danuri ve diğ., 2006). Wong (1999), inşaat sektöründe, özellikle tedarik zincirindeki alt yükleniciler ve küçük tedarikçiler arasındaki ilişkide, kalite ve profesyonelliğin çok az veya hiç olmadığını belirtmiştir. Alt yükleniciler ve küçük tedarikçiler projelerde gecikmeler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, tedarik zincirindeki çekişmeli ilişkiler ile ilgili sorunların ele alınması, inşaat sektöründe daha fazla verimlilik sağlanması adına oldukça önemlidir (Nanayakkara ve diğ., 2019).

İnşaatta kullanılan hemen hemen her malzemenin inşaa edilinceye kadar tedarik zinciri boyunca kaydedilip takip edildiği bir sistem blockchain ile mümkün olabilir. Sistem, satınalmayla başlar. Ürünü imal eden üretici bilgileri alır ve hammadde için siparişi tedarikçilerine gönderir. Üretim işlemi sırasında çeşitli işlemlerle ilgili kayıtlar da blockchain sistemine yüklenir. Ürün üretim sonrasında onaylandıktan sonra, nakliye işlemi başlar. Tüm bu kayıtlar tedarik zinciri katılımcıları tarafından kullanılabilir ve alt tedarik zincirinde karşılaşılan kalite sorunları üzerinde denetim yapılmasını sağlayabilir. Yüklenici veya proje sahibi olarak satın alınan malzemeler hakkındaki tüm bilgiler, üretim ve kalite sertifikaları gibi, nakliye yolu ile birlikte tesise teslim edilene kadar görülebilir. Teslimat zamanlaması ve koşullarını takip etmek daha kolay, daha hızlı ve daha az bürokratik hale gelir. Blockchain sistemine bilgi girişi doğrulandığından, bilgilerin güvenilirliği geleneksel yöntemden önemli ölçüde daha yüksektir. Ek olarak, uzatılmış tedarik zinciri ile ürünün her bir kısmı montaja kadar takip edilebilir (Wang ve diğ., 2017; Penzes, 2018; Saberi ve diğ., 2019).



Şekil 3.5 : Blockchain Destekli Tedarik Zinciri Örneği, Wang ve diğ. (2017)'den uyarlanmıştır.



Şekil 3.6 : Blockchain Destekli Tedarik Zinciri Aşamaları

Iansiti ve Lakhani (2017) firmaların bazı karmaşık tedarik zinciri problemlerinde blockchain teknolojisini kullandığını, örneğin elmas endüstrisinde cevherlerin madenlerden tüketicilere kadar blockchain ile takip edildiğinden bahseder. Crosby ve diğ. (2016) tedarik zincirlerine şeffaflık getiren blockchain teknolojisinin sahteciliğe karşı çözümler sunduğunu belirtmekle birlikte ilaç, lüks ürünler, elmas ve elektronik endüstrilerinde blockchain tabanlı tedarik zinciri uygulamalarının bulunduğu bahseder. Hultgren ve Pajala (2018) yaptıkları vaka analizinde blockchain teknolojisinin eş zamanlı takip ihtiyacını karşılamada istenilen düzeyde olmadığını, bu nedenle bu sorunu çözmek için bu teknolojinin başka bir tür tamamlayıcı teknolojiyle birleştirilmesi gerektiğinden bahseder. Blockchainin izlenebilirlik problemini şu anda kısmen destekleyebileceği söylenebilir.

Sonuç olarak blockchain destekli tedarik zincirleri ile inşaat projelerinde istenilen kalitede ve şartlarda ürünler, üretim aşamasından şantiyeye gelene kadarki süreçte şeffaf bir şekilde takip edilebilir, izlenebilir daha da önemlisi teslim aşamalarında

ödemeler otomatik olarak yapılacağından dolayı sektördeki güven ve verimlilik konusunu önemli ölçüde arttırabilir.

3.2.3 Ekipman kiralama

İnşaat ekipmanları birçok inşaat projesinde önemli rol oynar. Aynı işi yapan büyük ölçekli inşaat firmaları genellikle ekipman satın alma yoluna giderken, daha küçük çaplı konut mütteahitleri ise ekipman kiralama yoluna gitmektedir. İnşaata başlamadan önce hangi ekipmanların kullanılacağını belirlemek ve bunların maliyetlerini önceden tahmin etmek oldukça önemlidir. Kiralama maliyeti, bakım, tamir, işletme maliyeti, satın alma maliyeti mutlaka inşaata başlamadan önce göz önünde bulundurulmalıdır (Schaufelberger ve Migliaccio, 2019).

Blockchain kavramı, özellikle teknoloji müşterileri arasında, birkaç yıldır ekipman kiralama konusunda yeni bir konu olmuştur. Aracılara bağımlılığı ortadan kaldırması, ekipman kiralamada daha fazla şeffaflık ve güvence sağlaması, ekipmanın kullanım kaydının güvenli şekilde tutulması, ekipmanın kiralananmasından teslimine kadar her şeyin geçmiş kaydının bulunması gibi sebepler blockchain tabanlı ekipman kiralamayı cazip kılmaktadır (Gerard ve diğ., 2019) .

İnşaat sektöründe blockchain destekli ekipman kiralama sistemini bir örnekle inceleyecek olursak; yüklenici kiralamak istediği vinci seçer ve vinci kimliği, blok zincirine kaydedilir. Bundan sonra yüklenici vinç için bir kiralama seçeneği seçer. Yüklenici daha sonra kiralama ve sigorta için ödeme ayrıntılarını akıllı sözleşmeye bağlar ve aylık ödemeler, bakım, onarım hizmetleri otomatik olarak karşılanır. Bu işlemlerin tümü sadece birkaç dakika sürecektir. Algılama teknolojileri ile birlikte, arıza olayları, günlük kaldırma yükü, frekansı ve elektrik tüketimi gibi operasyonel durum blok zincirinde izlenebilir ve kaydedilebilir (Wang ve diğ., 2017). Böylece sektörde verimliliğin artması sağlanmış olur.

3.2.4 BIM ve blockcahin

Autodesk (t.y), Bina Bilgi Modellemesini (BIM) mimarlık, mühendislik ve inşaat alanlarında binaları ve altyapıyı daha verimli bir şekilde planlamak, tasarlamak, inşa etmek ve yönetmek için gerekli anlayışı ve araçları sağlayan akıllı 3 boyutlu model tabanlı bir süreç olarak tanımlamaktadır. BIM hızla gelişiyor olmasına rağmen, gelişmiş dünyanın büyük bir kısmı farklı disiplinler tarafından ayrı modellerde oluşturulan Seviye 2 BIM'i kullanmaktadır. Seviye 3 BIM daha derin bir işbirliği

oluşturmayı amaçlayarak tüm tarafların tek ve paylaşılan bir model üzerinde birlikte çalışmalarını önermektedir fakat henüz kullanılmamaktadır. Blockchain teknolojisi, güvenlik, sorumluluk, aktarılabilirlik ve canlı veri toplama alanlarında BIM'i daha da geliştirebilir. (Kinnaird ve diğ., 2017; McPartland, 2014).

Blockchain tabanlı Bina bilgi modeli (BIM) kullanımında kimin, ne zaman, ne yaptığı kaydedilir ve dolayısıyla meydana gelebilecek herhangi bir yasal argüman için güvenilir bir bilgi yönetimi sağlanmış olur (Turk ve Klinc, 2017). Blockchain'deki her bir kayıt kalıcıdır. Bir projede çalışan birçok kişi ve ekip olduğundan, bir BIM modelinin aynı anda değiştirilmesi kaçınılmazdır. Dış müdahaleye dayanıklı ve zaman damgalı veriler projedeki bütün ortak çalışanlar için blockchain sayesinde kaydedilebilir. Tüm model değişikliklerinin kaydı saklanabilir. Bu kaydın uygulanmasıyla veri paylaşımının etkinliği önemli ölçüde artırılabilir ve her katılımcı arasındaki işbirliği ve güven artırılabilir (Lacalle, 2017; Szabo, 1994; Wang ve diğ., 2017; Ye ve diğ., 2018)

Ayrıca, Blockchain teknolojisini kullanarak, dijital BIM bileşenlerinin (Revit aileleri gibi) sahipliğini kanıtlamak ve böylece fikri mülkiyet sorunlarını çözmek mümkün olabilir.

Blockchain ve BIM ile ilgili konu 4. Kısımda daha detaylı olarak incelenmiştir.

3.2.5 Atık yönetimi

İnşaat sektörü tarafından üretilen atıklar, çevre üzerinde doğrudan olumsuz etkisi olan küresel bir sorun olarak kabul edilmektedir (Won ve Cheng, 2017). Bu nedenle, uygun atık yönetimi kritik önem kazanırken, inşaat ve yıkım atığının doğru bir şekilde tahmin edilmesi, başarılı bir atık yönetim sisteminin uygulanması için kritik faktörlerden biridir (Li ve diğ., 2016). İnşaat ve yıkım atıkları şu anda gerekli bir yanetki olarak ele alınmaktadır, ancak özünde inşaat sürecinin bir ürünüdür. Bu tür atıklar genellikle geri dönüştürülebilir. İnşaat atığı yönetimi için çözümler sağlamak amacıyla blockchain teknolojisini kullanarak atığı kaynak olarak işleyen tek tip bir atık yönetim sistemi geliştirilebilir (Nanayakkara ve diğ., 2019). Ayrıca, atıkları izleme için akıllı teknolojilerin kullanılması, inşaat projelerinin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasında bütüncül bir çözüm sağlayacaktır (Ratnasabapathy ve diğ., 2019).

3.2.6 Gayrimenkul yönetimi

Gayrimenkul sektörü, küresel ekonomik etki yaratma potansiyeli olan en önemli sektörlerden biridir. Blockchain, işlemleri bir bloğa zaman damgalı olarak kaydeden, varlık takibi, sahiplik devri sertifikası sağlayan ve doğru, değişmez geçmiş kayıtlarını tutan değişmez dağıtılmış bir defter olarak kullanılabilir (Hamida ve diğ., 2017). Benzer şekilde, blockchain teknolojisinin, arazi mülkiyeti ile ilgili yönlerde verilerin tahrif edilmesine ilişkin birçok durum olduğu için bir blockchain üzerinde bir tapu kaydını tutmak ideal kabul edilir. Bilinen birçok arazi anlaşmazlığı vardır. Örnek olarak Gana'da, arazinin% 78'i kayıt dışıdır (Kshetri ve Voas, 2018). Bu nedenle, Dünya üzerindeki bir takım şirketler blockchain tabanlı arazi kaydı sunarak bu sorunu çözmeye çalışıyor. BitFury ve Gürcistan hükümeti blok zincir kullanarak bir tapu sicili geliştirmek için işbirliği yapmıştır (Higgins, 2018). Benzer şekilde 2017'de Hindistan'daki iki eyalette, Telangana ve Andhra Pradesh tapu sicili için blockchain kullandığını açıklayıp pilot proje başlatmışlardır (Nanayakkara ve diğ., 2019).

3.2.7 Enerji yönetimi

Blockchainin sunmuş olduğu dağıtılmış defter teknolojisi, bireysel üreticiler ve tüketiciler arasında yerel şebeke düzeyinde enerji ticareti yapmak için kullanılabilir (Hamida ve diğ., 2017). Bir blockchain ağı, akıllı şebeke elde etmek için büyük ölçekte enerji yönetimine de yardımcı olabilir. İlk olarak, hem enerji tüketimi hem de üretim bir blockchain kullanılarak izlenmelidir. Daha sonra bu, daha iyi bir arz ve talep kontrolü ve sonuçta enerji için gerçek bir dinamik fiyatlandırma için bir temel sağlayabilir (Mengelkamp ve diğ., 2018). Güneş panellerinin ve diğer yeşil enerji kaynaklarının kullanımı enerji üretiminde son trend olduğu için, enerji üreticileri ve tüketicilerinin şeffaflık, izlenebilirlik ve mevcut diğer faydalar için blockchain teknolojisi kullanılabilir (Nanayakkara ve diğ., 2019). Örnek vermek gerekirse, Tayland'daki T77 kentsel bölgesinde ilk kez eşler arası yenilenebilir enerji ticareti denemesini gerçekleştirmektedir. Katılımcılar arasındaki enerji işlemlerini izlemek için 18 metrelik kısımda blockchain teknolojisi kullanılmaktadır. Benzer şekilde, blockchain, elektrik üretimi ve dağıtımında akıllı ve enerji tasarruflu bir platform oluşturmak için akıllı şebeke ve akıllı güç üretimi için kullanılabilir (Ledger, 2018).

3.2.8 Sürdürülebilirlik

Tedarik zinciri bölümünde tartışılan malzeme şeffaflığının, tüm yaşam döngüsü maliyeti ve hammadde doğrulaması gibi konuların sürdürülebilirlik üzerinde bir etkisi olacaktır. Örneğin, tasarımcılar veya kullanıcılar herhangi bir ürünün hammaddesinin kaynağına kadar blockchain yoluyla malzeme izlenebilirliği kullanarak sürdürülebilir bir seçim yapabilirler. Tipik olarak, blockchain destekli tedarik zinciri müşteriler tarafından talep edilen spesifik bilgileri sağlayacaktır. Bir blockchain platformu sadece doğrudan tedarikçilere gerekli bilgileri vermeyi değil, aynı zamanda hammadde sağlayıcıları gibi dolaylı tedarikçilere de daha fazla veri sağlamak için gerekli bilgileri veritabanına koyabilir (Shojaei, 2019). Bu süreç tutarlı ve yapılandırılmış varlık bilgisi sağlayacaktır. Bu veritabanı sadece tasarım, tedarik ve inşaat sırasında karar vermek için değil, aynı zamanda tesisin doluluk sonrası yönetimi için de yararlı olacaktır.

3.2.9 Tesis yönetimi

Blockchain, BIM ve Bina Bakım Sisteminin (BMS) entegrasyonu, projenin tüm geçmişini saklayabileceği gibi ve aynı zamanda yapının her ayrıntısını kaynağına kadar izleyebilecek güvenilir bir entegre sistem sağlayacaktır (Mathews ve diğ., 2017). Ayrıca, bu entegrasyon yapının kullanım ve kullanım sonrası aşamalarına uzanarak, bakıma ihtiyaç duyulduğunda otomatik olarak bir iş emri vermek için akıllı sözleşmeler ile birlikte kullanılabilir ve verilen iş emrinin eksiksiz olarak yapıldığının doğrulanması üzerine ödemeyi otomatik olarak gerçekleştirebilir. Merkezi Olmayan Otonom Organizasyon (DAO) kavramı, çoklu akıllı sözleşmelerle yönetilen bir organizasyon olarak tanıtılmaktadır. Bir DAO, tasarım ve yapımdan operasyon, bakım ve yıkımdan her şeye akıllı sözleşmelerle uyumlu ve özerk bir şekilde yapıldığı yaşam döngüsü boyunca bir binaya atfedilebilir (Shojaei, 2019). Blockchain, bu tür karmaşık etkileşimleri zaman içinde destekleme yükünü taşıyabilecek birkaç teknolojiden biridir.

3.3 Blockchain Teknolojisinin İnşaat Sektöründe Uygulanmasında

Karşılaşılabilecek Destekler ve Engeller

Blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe potansiyel kullanım alanları incelendikten sonra, yapılan literatür çalışması sonucu belli başlı özellikleri

irdelenmiş ve bunun sonucunda blockcahin teknolojisinin destekler ve engeller listesi oluşturulmuştur. Çizelge 3.6’da yapılan literatür çalışması gösterilmiş ve sonrasında belirlenen destekler ve engeller açıklanmıştır. Blockchain teknolojisinin destekleri olarak aracısızlık, otomasyon, maliyet azaltma, güven ve belirgin sahiplik belirlenmişken engelleri için; blockchain anlayışı, karmaşık görünen yapısı, başlangıç maliyetleri, depolama sorunu ve gizlilik&güvenlik belirlenmiştir.



Çizelge 3.6 : Blockchain Teknolojisi için Destekler ve Engeller Literatür Taraması

Literatür	Destekler	Engeller
(Dounas ve Lombardi, 2018)	Otomasyon	
(Abeyratne and Monfared, 2016)	Güven,	
(Christidis and Devetsikiotis, 2016)	Güven,	
(Dorri ve diğ., 2016)	Güven,	
(Palfreyman, 2015)	Maliyet azalma	
(Sun ve diğ., 2016)	Güven, Aracısızlık	
(Sadhya ve Sadhya, 2018)		Blockchain Anlayışı, Başlangıç Maliyetleri, Depolama Sorunu
(Wang ve diğ., 2017)	Güven,	Karmaşık Yapı
(Mendling ve diğ., 2017)		Karmaşık Yapı, Blockchain Anlayışı, Başlangıç Maliyetleri
(Yli-Hummo ve diğ., 2016)	Aracısızlık	
(Mougayar, 2016)		Başlangıç Maliyetleri
(Zhao ve diğ., 2016)	Güven,	
(Dujak ve Sajter, 2019)	Otomasyon	
(Zheng ve diğ., 2017)	Güven,	
(Al-Saqaf and Seidler, 2017)	Aracısızlık	
(Nizamuddin ve diğ., 2019)	Otomasyon	
(Kewell ve diğ., 2017)	Güven, Aracısızlık	
(Wang ve diğ., 2017)	Otomasyon	Karmaşık Yapı
(Zohar, 2015)		Depolama Sorunu, Gizlilik ve Güvenlik
(Wörner ve diğ., 2016)		Depolama Sorunu
(Cardeira, 2015)	Otomasyon	

Çizelge 3.6 (devam): Blockchain Teknolojisi için Destekler ve Engeller Literatür Taraması

(Hughes ve diğ., 2019).		Blockchain Anlayışı,
(Abramova ve Böhme, 2016)		Karmaşık Yapı,
(Tapscott ve Tapscott, 2016)	Maliyet Azaltma	Karmaşık Yapı
(Niranjanamurthyve diğ., 2018)	Güven, Otomasyon	Depolama Sorunu,
(Kinnaird ve diğ.,)	Güven, Otomasyon	Karmaşık Yapı
(Li ve diğ., 2017)	Güven,	
(Beck ve diğ., 2016)	Maliyet azaltma	Gizlilik ve Güvenlik
(Hawlitshchek ve diğ., 2018)	Maliyet azaltma, Belirgin sahiplik	
(Gatteschi ve diğ., 2018)	Otomasyon,	Blockchain anlayışı,
(Lu ve Xu, 2017)	Güven,	Gizlilik ve Güvenlik
(Belle, 2017)	Otomasyon	
(Nofer ve diğ., 2017)	Güven,	
(Notheisen ve diğ., 2017)	Güven, Aracısızlık	
(Otte ve diğ., 2017)	Güven,	
(Dobrovnik ve diğ., 2018)	Belirgin sahiplik	
(Risius ve Spohrer, 2017)	Güven,	
(Iansiti ve Lakhani, 2017)	Otomasyon	
(Kshetri, 2018)	Otomasyon	
(Levine, 2017)	Otomasyon	
(Staples ve diğ., 2017)	Otomasyon, Maliyet azaltma	
(Mathews ve diğ., 2017)	Otomasyon	
(Ølnes, 2017)	Maliyet azaltma, Belirgin sahiplik	
(Warburg, 2016)	Belirgin sahiplik	
(Ye ve diğ., 2018)	Otomasyon	
(Wang ve diğ., 2017)	Güven,	
(Narayanan ve diğ., 2016)	Otomasyon	

Çizelge 3.6 (devam): Blockchain Teknolojisi için Destekler ve Engeller Literatür Taraması

(Michelman, 2017)	Maliyet azalma	
(Miraz ve Ali, 2018)	Güven,	
(Rodrigo ve diğ., 2018)	Güven, Aracısızlık	
(Savelyev, 2018)	Güven, Aracısızlık	
(Yermack, 2017)	Belirgin Sahiplik	
(Group, 2018)	Otomasyon	
(Drescher, 2017)	Maliyet azalma	
(Chen ve diğ., 2018)	Güven,	
(Coyne ve Onabolu, 2018)	Güven,	
(Jesus ve diğ., 2018)	Güven,	
(Lamb, 2018)	Otomasyon	
(Nomura Research Institute, 2016)	Otomasyon	

3.3.1 Destekler

3.3.1.1 Aracısızlık

Blockchain'in, sektörü aracıya bağılıktan çıkarma potansiyeli, sektör genelinde değişiklik için önemli bir itici güç olarak değerlendirilmektedir (Drescher, 2017). Blockchain'in temel değeri, bir veritabanının merkezi bir yönetici olmadan doğrudan paylaşılmasını sağlamasıdır. Bu, blockchain süreci içinde aracılara veya 3. taraflara olan ihtiyacın azalması anlamına gelir. Geleneksel merkezi süreçlerde, güven sağlamak için aracı kişiler, kurumlar veya ek teknoloji gerekir. Blockchain teknolojisinde bu mekanizma yerleşiktir (Hughes ve diğ., 2019).

3.3.1.2 Otomasyon

Blockchain teknolojisinin çalışma mekanizması manuel iş görevlerinin yerini alabilir. Kullanıcılar işlemlerin tam olarak güvenilir bir üçüncü tarafa olan ihtiyacı kaldırır, önceden belirlenmiş protokol komutlarına göre yürütüleceğine güvenebilir (Niranjanamurthy ve diğ., 2018). Yasal düzenlemeler ve sözleşme şartları, bilgisayar kodlarına dönüştürülerek, şartlar sağlandığında otomasyon sayesinde kendi kendini uygulayabilen akıllı sözleşmeler oluşur (Nawari ve Ravindran, 2019).

3.3.1.3 Maliyet azaltma

Firmaların blockchain teknolojisine geçişlerinde daha çok pragmatik olması ve bu konuya fayda ve potansiyel maliyet azaltma perspektifinden yaklaşımları beklenir. Michelman (2017) tarafından yapılan çalışmada blockchain teknolojisinin kullanımı ile birlikte, kuruluşlar arasındaki uzlaşma süreçlerinin daha basit ve verimli olacağı, önemli ölçüde maliyet tasarrufu sağlanacağı saptanmıştır. Üçüncü tarafları, aracıları ve merkezi yönetim giderlerini ortadan kaldırarak blockchain, işlem ücretlerini büyük ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir. Aracılıktan çıkarma ve otomasyonun net etkisi, blockchain teknolojisinden yararlanabilecek uygulamalar için de maliyetlerde bir azalma anlamı taşımaktadır (Iansiti & Lakhani, 2017).

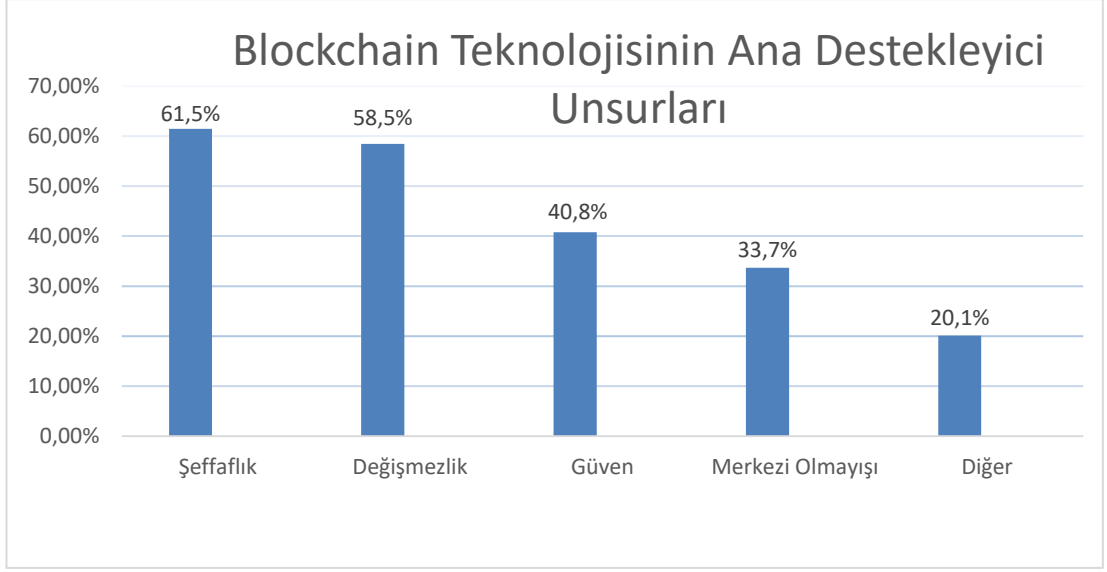
3.3.1.4 Güven

Güven bir teknoloji tarafından yaratılmaz. BCT, daha fazla güvene yol açabilecek daha iyi kontrol ve denetimi sağlar. Blockchain, oluşturulan protokoller ve kullandığı teknoloji sayesinde insanlarda güven duygusunu etkili bir şekilde oluşturur. Değişmez kayıt tutma ve gerçekleştirilmek istenilen işlemlerin onaylarının konsensüs mekanizmasıyla sağlanması sonucunda sürece olan güven artar (Ølnes ve diğ., 2017). Blockchain, her türlü işlem geçmişini, tarafların blok zincirinde yaptığı değişiklikleri, inkar ve itiraz edemeyeceği şeffaf bir şekilde herkese sunar (Atzori, 2015).

3.3.1.5 Belirgin Sahiplik

Varlık sahipleri ve mülkiyet değişikliği ile ilgili işlemler, şifreleme ve dijital imzalar kullanılarak deftere kaydedilir (Warburg, 2016). Mülkiyetin devri durumunda, koşullar akıllı sözleşmede saklanabilir ve yerine getirildikten sonra yeni sahibin kayıta kaydedilmesi ile sonuçlanan işlem yapılabilir. Bu şekilde varlıklarla ilgili sahtekarlık ve yolsuzluk önenebilir (Ølnes ve diğ., 2016).

Sebastian (2019) tarafından yapılan araştırmaya göre, 50 den fazla firmanın katıldığı ankette işletmeler tarafından kullanılabilecek Blockchain teknolojisinin ana destekleyici unsurları sorulduğunda, katılımcıların %61,5'i şeffaflığı, %58,5'i değişmezliği, %40,8'i güveni, %33,7'si merkezi olmayışını ve %20,1'i diğer olarak nitelendirilen maliyet azaltma, aracısızlık ve otomasyon yanıtlarını vermişlerdir.



Şekil 3.7 : Blockchain Teknolojisinin Ana Destekleyici Unsurları, Sebastian (2019)'dan uyarlanmıştır.

3.3.2 Engeller

3.3.2.1 Blockchain anlayışı

Kuşkusuz, tüm veri kaynaklarında tanımlanan ve araştırmacılar tarafından oybirliğiyle kabul edilen en önemli engellerden biri, teknolojinin sağlam bir anlayışının olmamasıdır. Bu bilgi eksikliği, teknolojinin uygunluğunun ve bu uygunluğun getirdiği faydaların anlaşılabilmesine yol açmıştır (Sadhya ve Sadhya, 2018). Blockchain'in sıklıkla Bitcoin ile birlikte kullanılması ve fonetik olarak benzerliği de, bu yanlış anlamalara önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Teknoloji kendini kripto para biriminin alt kolu olarak anılmasından ayırmalı ve faydalarının sadece kripto para birimlerinden ibaret olmadığını açıklamalıdır (Gatteschi ve diğ., 2018).

3.3.2.2 Karmaşık görünen yapısı

Blok zincirini, değişmez işlemlerin günlüğü olarak tanımlamak mümkündür. Böylece bir işlemdeki herhangi bir insan hatası kalıcı olarak kaydedilir ve geri döndürülemez. (Notheisen ve diğ., 2017a). Bu da kullanıcılar arasında tereddüt yaratır.

Teknoloji aynı zamanda kitlelerin ilgisini çekmek için çok karmaşık olarak da tanımlanmıştır. Bitcoin gibi kripto para birimleri kullanıcıları, blockchain

teknolojisinin yararları hakkındaki farkındalıklarını ifade ettiler, ancak teknolojinin karmaşıklığıyla ilgili endişelerini dile getirdiler (Abramova ve Böhme, 2016).

Blockchain, çoğu insan için hala yeni bir teknolojidir. Farkındalık ve anlayış eksikliği bu teknolojinin yayılmasını engeller. Niranjanamurthy ve diğ. (2019) Blockchain'in, bir başka deyişle merkezi olmayan bir ağa tam geçişin kültürel olarak benimsenmesinin zor olduğunu belirtir. Bireylerin kişisel kayıtlarını bir işaretçi ile merkezi olmayan bir şekilde saklamaktan ve muhtemelen blockchain yoluyla bu bilgilere erişimde rahat hissetmemeleri görülmüştür (Wang ve diğ., 2017). Dolayısıyla, "kullanım kolaylığı", blockchain uygulamalarının sınırlamasıdır ve teknolojinin benimsenmesi için bu konuda önem gerektirir.

3.3.2.3 Başlangıç maliyetleri

Blockchain teknolojisinin benimsenmesi için başlangıç maliyeti, teknolojinin yeniliği ve karmaşıklığı nedeniyle oldukça yüksektir. Yeni bir teknoloji olan blockchainin hesaplama yoğun doğası nedeniyle daha kapsamlı donanım gerektirebilir. Blockchain teknolojisinin kabul edilmesi, organizasyonlar ve ağ ortakları için maliyetli olan bilgi toplama için yeni donanım ve yazılıma yatırım yapılmasını gerektirir (Mougayar 2016). Ayrıca alanında uzman kişi sayısı da oldukça azdır. Blockchain, işlem maliyetleri ve zamanında büyük tasarruflar sağlar, ancak geleneksel yöntemlere göre yüksek başlangıç maliyeti önemli bir engeldir. Bu nedenle, şu anda bir blockchain tabanlı çözümün benimsenmesi, küçük ve orta ölçekli işletmelerin sınırlı finansal ve iş gücü rezervlerinin ötesindedir (Niranjanamurthy ve diğ., 2018; Sadhya ve Sadhya, 2018).

3.3.2.4 Depolama sorunu

Blockchain teknolojisi, tüm işlemlerin bir kaydını tutar ve zaman damgalı olarak kronolojik bir sırayla ekler (Wörner ve diğ., 2016). Fikir birliği mekanizmasından ötürü her bir düğüm noktasında yapılan işlemler depolanır. Bu durum ağdaki verilerin fazlalığıyla sonuçlanır. Fazlalık tek bir düğümün performansı değil, Blockchain'in gerektirdiği toplam hesaplama miktarı ile ilgilidir (Zohar, 2015). Ağın boyutu büyüdükçe ve onunla ağ üzerinde gerçekleştirilen işlemlerin sayısı arttıkça, tutulan kayıt miktarı önemli ölçüde artar ve bu nedenle blok zincirinin bir kopyasını tutmak için ağır depolama kaynaklarına ihtiyaç duyulur (Sadhya ve Sadhya, 2018). Merkezi veritabanları işlemleri bir kez veya iki kez işlemekle birlikte, bir

Blockchain'de ağdaki her düğüm tarafından bağımsız olarak işlenmelidir. Yani aynı sonuç için çok daha fazla iş yapılmaktadır (Niranjanamurthy ve diğ., 2018).

3.3.2.5 Gizlilik ve güvenlik

Blockchain şeffaf olacak şekilde, yani tüm alıcılara işlemlerin görünürlüğünü sağlamak için tasarlanmıştır. Bu işlem kayıtlarının denetlenebilirliğini ve değişmezliğini sağlar (Beck ve diğ., 2016). Bu şeffaflık, merkezi bir yetkili kurumun yerinden edilmesini sağlamak için zorunludur (Zohar 2015). Ancak bu özellik hem teknolojinin karakter özelliklerinden biri hem de pek çok olası alıcı tarafından reddedilmesinin bir nedenidir. Hükümetler gibi bazı eski kurumlar, çeşitli nedenlerle hassas verilere erişimi korumak zorunda kalmaktadır. Blockchain teknolojisinin şeffaflık özelliği bu durumu olumsuz etkilemektedir. Buna göre Egelund-Müller ve diğ. (2017) blockchain teknolojisinin değişmezliğinin, dağıtılmış konsensüs mekanizmalarının ve gizlilik özelliklerinin bazı hükümetlerin ve finans kuruluşlarının gereksinimleriyle örtüşmediğini savunur.

3.4 Blockchain Teknolojisi Uygulamaları İçin SWOT Analizi

Tanımlanan sorunlar için olası bir blockchain çözümünü objektif ve yapılandırılmış bir şekilde değerlendirmek için Çizelge 3.7'de gösterilen SWOT analizi yapılmıştır. SWOT analizi, perspektif sağlayan ve yeni bir teknolojiyi veya yönelimi kendi güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatları ve tehditleri ile değerlendirmek için kullanılabilecek en iyi bilinen analiz yöntemlerinden biridir (Andersen, 2007). Gould (2012) SWOT analizinin, değerlendirilen konunun güçlü yönleri göz önüne alındığında dış fırsatlardan nasıl yararlanılabileceğini ve zayıflıkların nasıl en aza indirileceğini ve konunun dış tehditlere karşı nasıl korunabileceğini vurguladığını belirtmektedir. SWOT analizi, değerlendirilen ilgili konunun güçlü ve zayıf yönlerini dış ortamdaki fırsatlar ve tehditlerle birleştirir.

Yapılan analizde güçlü yönler, blockchainin diğer geleneksel yöntemlere göre nasıl üstün bir şekilde ayrıldığını gösterir. Bir diğer ifadeyle blockchaini rekabette avantajlı hale getiren özelliklerdir. Objektif bir görüş sağlamak için diğer yöntemlerin blockchain'den nasıl daha belirgin olduğunu gösteren zayıf yönler de belirtilmiştir. Fırsatlar ve tehditler ise, dış çevrenin konuya getirebileceği potansiyel yarar ve dezavantajları göstermektedir.

SWOT analizi, blockchain teknolojisini objektif olarak değerlendirmek için etkili bir yaklaşım olacaktır.



Çizelge 3.7 : SWOT Analizi

SWOT		Literatür
Güçlü Yönler	Verimlilik	(Abeyratne and Monfared, 2016); (Christidis and Devetsikiotis, 2016); (Dorri ve diğ., 2016); (Zheng ve diğ., 2016); (Li ve diğ., 2017); (Lu ve Xu, 2017); (Notheisen ve diğ., 2017); (Otte ve diğ., 2017); (Vranken, 2017); (Wang ve diğ., 2017); (Chen ve diğ., 2018); (Viriyasitavat and Hoonsopon, 2019)
	Otomasyon	(Lamb, 2018);(Nizamuddin ve diğ., 2019) (Niranjanamurthyve diğ., 2018); (Dujak ve Sajter, 2019); (Nomura Research Institute, 2016); (Rodrigo ve diğ., 2018); (Cardeira, 2015); (Wang ve diğ., 2017); (Kinnaird ve diğ., 2017); (Mathews ve diğ., 2017); (Dounas ve Lombardi, 2018); (Ye ve diğ., 2018); (Narayanan ve diğ., 2016); (Belle, 2017); (Group, 2018)
	Gizlilik	(Dorri ve diğ., 2016); (Sun ve diğ., 2016); (Yli Hummo ve diğ., 2016); (Zheng ve diğ., 2016); (Al Saqaf and Seidler, 2017); (Kuo ve diğ., 2017); (Nofer ve diğ., 2017); (Risius ve Spohrer, 2017); (Atlam ve diğ., 2018); (Jesus ve diğ., 2018); (Rodrigo ve diğ., 2018); (Viriyasitavat and Hoonsopon, 2019)
	Şeffaflık	(Atzori, 2015);(Abeyratne and Monfared, 2016); (Sun ve diğ., 2016); (Al-Saqaf and Seidler, 2017);(Kewell ve diğ., 2017);(Kuo ve diğ., 2017);(Lu ve Xu, 2017);(Notheisen ve diğ., 2017);(Risius ve Spohrer, 2017);(Wang ve diğ., 2017);(Atlam ve diğ., 2018);(Rodrigo ve diğ., 2018);(Savelyev, 2018);(Viriyasitavat and Hoonsopon, 2019)

Çizelge 3.7 (devam): SWOT Analizi

Güçlü Yönler	Merkezi Olmayışı	(Ølnes, 2017); (Gervais ve diğ., 2016); (Tapscott ve Tapscott, 2016); (Abeyratne and Monfared, 2016); (Christidis and Devetsikiotis, 2016); (Dorri ve diğ., 2016); (Sun ve diğ., 2016); (Yli-Hummo ve diğ., 2016); (Zhao ve diğ., 2016); (Zheng ve diğ., 2016); (Al-Saqaf and Seidler, 2017); (Kuo ve diğ., 2017); (Nofer ve diğ., 2017); (Notheisen ve diğ., 2017); (Otte ve diğ., 2017); (Risius ve Spohrer, 2017); (Vranken, 2017); (Wang ve diğ., 2017); (Atlam ve diğ., 2018); (Chen ve diğ., 2018); (Coyne ve Onabolu, 2018); (Jesus ve diğ., 2018); (Kim ve Laskowski, 2018); (Miraz ve Ali, 2018); (Rodrigo ve diğ., 2018); (Savelyev, 2018); (Viriyasitavat and Hoonsopon, 2019)
	Denetlenebilirliği	(Abeyratne and Monfared, 2016); (Zheng ve diğ., 2016); (Kuo ve diğ., 2017); (Notheisen ve diğ., 2017); (Risius ve Spohrer, 2017); (Wang ve diğ., 2017); (Atlam ve diğ., 2018); (Jesus ve diğ., 2018); (Rodrigo ve diğ., 2018); (Viriyasitavat and Hoonsopon, 2019)
Zayıf Yönler	Ölçeklendirilebilirlik	(Dorri ve diğ., 2016); (Wang ve diğ., 2016); (Zheng ve diğ., 2016); (Al-Saqaf and Seidler, 2017); (Guegan, 2017); (Kuo ve diğ., 2017); (Nofer ve diğ., 2017); (Notheisen ve diğ., 2017); (Otte ve diğ., 2017); (Risius ve Spohrer, 2017); (Atlam ve diğ., 2018); (Jesus ve diğ., 2018); (Hawltitschek ve diğ., 2018); (Viriyasitavat and Hoonsopon, 2019)
	Düşük Performans	(Drescher, 2017); (Swan, 2015); (Gatteschi ve diğ., 2018); (Lo ve diğ., 2017); (Lu ve Xu, 2017); (Bitinfocharts, 2020)
	Enerji Tüketimi	(Stilgherrian, 2016); (Lo ve diğ., 2017); (Cocco ve diğ., 2017); (Digiconomist, 2017); (Zheng ve diğ., 2017); (Li ve diğ., 2017); (Bach ve diğ., 2018); (Lu ve Xu, 2017); (Nehai ve Guerard, 2017); (Kshetri, 2017); (Lamb, 2018); (Niranjanamurthy ve diğ., 2018); (Dujak ve Sajter, 2019); (Lombardi ve diğ., 2018); (Pilkington, 2015); (Narayanan ve diğ., 2016); (Nawari ve Ravindran, 2019)

Çizelge 3.7 (devam): SWOT Analizi

Zayıf Yönler	Kompleks Yapı	(Drescher, 2017); (Morabito, 2017)
Fırsatlar	Yeni Aplikasyonlar Rekabet Dijitalleşme Artan İşbirliği ve Güven	(MetaMask, 2017); (Status, 2017); (Gatteschi ve diğ., 2018) (Christidis ve Devetsikiotis, 2016); (Liu ve diğ., 2017); (Tezel ve diğ., 2019). (Tezel ve diğ., 2019); (Wang ve diğ., 2017); (Kinnaird ve diğ., 2017) (Alreshidi ve diğ., 2018); (Winfield, 2018); (Belle, 2017); (Maupin, 2017); (Barima, 2017)
Tehditler	Yeni Teknoloji Veri Gizliliği Entegrasyon Kur Dalgalanmaları Belirsiz Yasal Durum	(Hughes ve diğ., 2019); (Johansson ve Nilsson, 2018); (Mendling ve diğ., 2017); (Niranjanamurthy ve diğ., 2018); (Lu ve Xu, 2017); (Nanayakkara ve diğ., 2019); (Lo ve diğ., 2017); (Ober ve diğ., 2013); (Zaninotto, 2016); (Gatteschi ve diğ., 2018) (Niranjanamurthy ve diğ., 2018); Biswas ve Muthukkumarasamy, 2016); (Wang ve diğ., 2017); (Kshetri, 2017); (Sadhya ve Sadhya, 2018) (Koutsogiannis ve Berntsen, 2019); (Higgins, 2017); (Gatteschi ve diğ., 2018) (Niranjanamurthy ve diğ., 2018); (Winfield, 2018); (Eyal, 2015); (Dorri ve diğ., 2016)

3.4.1 Güçlü Yönler

3.4.1.1 Verimlilik

Blockchain teknolojisinde işlemler üçüncü tarafın katılımı olmadan doğrudan iki taraf arasında yapılır, bu nedenle işlemler hızlı bir şekilde gerçekleşir. Ayrıca, blockchain teknolojisi akıllı sözleşmeleri ve ticari işlemleri otomatik olarak yönetme yeteneğine sahiptir. Bu nedenle, bu her süreci doğrudan düzene sokar ve işlem maliyeti ve zamanı kaldırır (Niranjanamurthy ve diğ., 2019). Blockchain teknolojisi kullanılarak noktadan noktaya ödeme uygulanabilir. Böylece üçüncü taraf kurumların aracı bağlantısı ortadan kalkarak hizmet verimliliğini büyük ölçüde artıracak ve işlem maliyetleri azaltacaktır (Guo & Liang, 2016).

3.4.1.2 Otomasyon

İnşaat içindeki faaliyetlerin otomasyonu, kaynakların yeniden tahsis edilmesine ve yönetim faaliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olduğu gibi, riskin aktarılmasına, zaman ve maliyetlerin azaltılmasına da destek olur (Belle, 2017). Özellikle inşaat projelerinin planlanması ve tasarımının blokzincirine eklenmesiyle birlikte gereken doğrulama süreçleri hızlanarak farklı katılımcılar tarafından çoklu doğrulama ihtiyacını azaltacaktır (Group, 2018). Bu nedenle, inşaat işlerinde blockchain teknolojisinin kullanılması ile birlikte, taraflar otomasyona güvenecekleri için tereddüte kalmalarını ya da huzursuz olmalarını gerektirecek bir durum olmaz (Wang ve diğ., 2017).

3.4.1.3 Gizlilik

Bir blockchain'de hesap oluşturmak için genellikle kişisel ayrıntılara gerek yoktur. Sadece özel veya ortak anahtarın oluşturulması gerekir ve kişi kimlikle ilgili bilgileri ortaya çıkmadan tüm işlemler için hesap numarası gibi ortak anahtarını kullanabilir (Reid ve Harrigan, 2013). İnşaat sektöründe anonimlik birçok durumda avantajlı olacaktır. Örneğin, bu saayede bir ihale sürecinde gelen teklifler gereken süreye kadar anonim olarak kalabilecektir (Nanayakkara ve diğ., 2019). Blockchain'de bir işlemin gerçekleşmesi için gönderenin kripto para birimine veya dataya erişmesi için özel anahtarını kullanması gerekir. Ayrıca gönderenin herhangi bir alıcıyla işlem

yapabilmesi için gönderenin ve alıcının ortak anahtarı kullanması gerekir. Bir işlemin bir bloğa kaydedilmesi için, bir konsensüs sağlanıp yeni bir blok oluşturmali ve doğrulanmalıdır (Mirzayi ve Mehrzad, 2017) . Blockchain ayrıca sahte dijital imzaların önüne geçip, çift harcamaları engelleyerek inşaat endüstrisi için son derece faydalı olacak değişmez işlemler yaratır. Ayrıca, inşaat, birden fazla kuruluşu içeren çok sayıda onay sürecinin bulunduğu dinamik proje tabanlı bir endüstridir (Niranjanamurthy ve diğ., 2019). Böyle bir senaryoda blockchain'in inşaat sektörü için uygulanabilir olduğu söylenebilir.

3.4.1.4 Şeffaflık

Her işlem ve ilişkili değeri, sisteme erişimi olan herkes tarafından şeffaf bir şekilde görülebilir ve bu işlemlerde değişiklik yapmak mümkün değildir (Iansiti ve Lakhani, 2017). Şeffaflık, Blockchain'in küçük, orta ve büyük işletmeler için sağladığı en büyük avantajlardan biridir. Finansal ve ticari şeffaflık eksikliği, kötü iş ilişkilerine ve ticaretin gecikmesine neden olabilir. Bu nedenle, yapılan işlemlerin kayıtlarının şeffaf bir şekilde kaydedilmesi bu süreçte karşılıklı güveni sağlar (Niranjanamurthy ve diğ., 2019). Blockchain'in, “değişmez” tarihi şeffaf bir şekilde kaydedilerek izlenebilirlik ve denetlenebilirlik sağlar (Atzori, 2015). Koutsogiannis ve Berntsen (2019) Blockchain teknolojisinin bir inşaat projesindeki her türlü anlaşma ve işleme daha fazla şeffaflık katabileceğini belirtmiştir. Blockchain'in şeffaflık özelliği tedarik zincirlerini daha görünür hale getirir ve malzemelerin üretim aşamasından şantiyeye gelişine kadar gerçek zamanlı olarak izlenmesine izin verir (Kinnaired ve diğ., 2017).

3.4.1.5 Merkezi olmayışı

Yli-Huumo ve diğ. (2016) Blockchain teknolojisinin amacının; hiçbir üçüncü tarafın, işlemleri ve verileri kontrol etmediği merkezi olmayan bir ortam yaratmak olduğunu belirtmiştir. Blockchain, depolanan kayıt listelerini kurcalamaya veya değiştirmeye karşı korumak için merkezi olmayan bir ağ kullanır (Guegan, 2017). Blockchain ağındaki katılımcıların, bilgisayarların dağıtılmış ağı üzerinden güvenli bir şekilde paylaşılan dijital defteri görüntülemelerine izin verilir (Singh ve Singh, 2016). Blockchain, merkezi olmayan eşler arası bir ağdan oluşur. Blockchain dağıtılmış defter sisteminin ana özelliği, merkezi yönetici veya merkezi veri depolama mekanizması olmamasıdır (Walport, 2016). Yerinden yönetim gecikmeleri ve tek

hata noktasını önlemek için bire bir trafik akışlarını ortadan kaldırırken sağlamlık sağlar (Dorri ve diğ., 2016).

3.4.1.6 Denetlenebilirliği

Blockchain üzerindeki işlemlerin her biri bir zaman damgası ile doğrulanır ve kaydedilir. Böylece ağdaki herhangi bir kullanıcı, dağıtılmış ağdaki herhangi bir düğüme erişerek önceki kayıtları kolayca izleyebilir (Zheng ve diğ., 2016). Blockchain ağında her işlem detayı kaydedilir ve iki taraf arasındaki varlıklar ve işlemler için denetlenebilirlik sağlar. Varlıkların doğrulanması için veri kaynağına ihtiyaç duyulan işletmeler için özellikle Blockchain teknolojisi oldukça faydalıdır ve son dönemde özellikle bazı mücevher firmaları elmaslarını izlemek için bu teknolojiden faydalanmıştır (Niranjanamurthy ve diğ., 2019).

3.4.2 Zayıf Yönler

3.4.2.1 Ölçeklenebilirlik

İş yükünü ve depolamayı, görev veya nesne sayısını artırarak duruma uygun hale getirme yeteneğidir. Bir farklı deyişle, bir sistemin artan kapasite kullanımıyla, performanstan taviz vermeden, aynı şartlarda işlemlerini sürdürebilme yeteneğidir (Bondi, 2000). Açık blok zincirlerinin verileri işleme oranı ve veri iletim gecikmesi ile ilgili sınırları vardır (Lu ve Xu, 2017). Bu soruna en iyi örnekler, Blockchain denince akla gelen iki isimle ‘Bitcoin ve Ethereum’ açıklanabilir. Bahsedilen kripto para birimlerinin her ikisi de işlem için bloklar kullanır ve bu bloklar belirli bir boyutla sınırlıdır. Dolayısıyla, blok başına yalnızca sınırlı sayıda işlem gerçekleştirilebilir (Sebastian, 2019). Örneğin Bitcoin Core protokolü blokları 1 MB boyutuyla sınırlar. Her blok en fazla 4.000 işlem içerebilir, Sonuç olarak, Bitcoin saniyede 3-4 işlem yapabilir ve Ethereum da 15 işlem yapabilir. Bu, Açık blockchain türünün sınırlamasını ve iyileştirme ihtiyacını açıkça ortaya koymaktadır (Göbel ve Krzesinski, 2017). Öte yandan, inşaat sektörü bir finans sektörü gibi fazla sayıda işleme sahip olmayıp çok sınırlı sayıda işleme sahiptir. Bununla birlikte, PoS ve DPoS gibi ölçeklendirilebilirlik konusunu ele alan ve inşaat sektörünün ölçeklenebilirlik sorunu olmadan birçok iş uygulamasını benimsemesinde faydalı olacak diğer fikir birliği algoritmaları da yaygınlaşmaktadır (Nanayakkara ve diğ., 2019).

3.4.2.2 Düşük Performans

Drescher (2017) , güvenlik seviyesi ile ağın hızı arasında ters orantıdan bahseder. Bir blockchain kurulumu içinde veriler silinemediğinden, yeni bloklardaki yeni işlem verileri tanıtılır ve eski bloklara zincirlenir. Bu bloklar üzerinde oynanamaz. Ancak, büyüyen bir ağ kaydedilecek daha fazla işlem ve ağın güvenliğini sağlamak için daha karmaşık algoritmalar ile sonuçlandığundan performansı azalacaktır.

Blockchain teknolojisi hala gelişiminin erken aşamalarında ve iş hacmi saniyede 7 işlemdir, her blokun işlenmesi 10 dakika sürer, bu da işleminizin onaylanması için en az 10 dakika gerektiği anlamına gelir (Swan, 2015). Blockchain teknolojisinde günümüzde, saniyede gerçekleştirilebilecek işlem sayısı, yeni blokları doğrulamak için gereken hesaplama süresi nedeniyle geleneksel sistemlere kıyasla son derece düşüktür. Şu anda, blockchain tabanlı işlemler geleneksel banka havalelerinden daha yavaştır (birkaç saniye ile birkaç dakika yerine ortalama 1-2 gün yerine gerektirir). Bu bağlamda, bazı blockchain platformlarının blokları doğrulama sürecini değiştirerek, çözülecek matematiksel problemin karmaşıklığını azalttığı belirtilmelidir (Gatteschi ve diğ., 2018).

Lo ve diğ. (2017) blockchainin, büyük hacimli veri işleme için düşük veri işleme hızı nedeniyle büyük veriyi depolamak için henüz yeterli olmadığını savunur. Açık blok zincirlerinin, bir blok zincirinde depolanabilecek veri miktarı üzerinde sınırları vardır. Öte yandan, bir işlemin kaydedilmesi için, düğümlerin çoğunluğu tarafından onaylanması ve kabul edilmesi gerekir. Büyük miktarda veri depolandığında blok üretim sürecinde de gecikmeler olacaktır (Lu ve Xu, 2017). Nanayakkara ve diğ. (2017) bu soruna bir çözüm olarak, sadece blockchain'de olması gereken en önemli verilerin kaydedilmesini, diğer tüm verilerin kayıt dışında kalmasını söylemiştir. Bir inşaat projesi büyük miktarda veri içerir. Bununla birlikte, sadece blockchain üzerinde işlenmesi gereken veriler blockchain defteri içine kaydedilebilir. Veriler her ağ düğümünde çoğaltıldığından, zamanın yanı sıra alan da bir sorundur. Bir örnek vermek gerekirse, Bitcoin blok zinciri her ağ düğümünde 170 GB'tan fazla depolama alanı gerektirir (Bitinfocharts, 2020).

3.4.2.3 Enerji tüketimi

Ağ düğümleri tarafından tüketilen enerji miktarı ve yeni blokları doğrulamak için gereken donanım maliyeti son derece yüksektir, işlem başına yaklaşık 6 \$ olduğu tahmin edilmektedir (Stilgherrian, 2016). Lo ve diğ. (2017) ağ düğümlerinin çok büyük miktarda enerji tükettiğini fakat blockchainde bulunan farklı konsensüs mekanizmalarında daha az enerji tüketimi olduğunu belirtmiştir. Maliyeti sınırlamak için girişimler mevcuttur ve tüketilen enerji miktarı azaltılmaya çalışılmaktadır (Cocco ve diğ., 2017).

Emek İspatı (PoW) yöntemi kullanılarak oluşturulan blockchain türleri, hesaplama gücünü ve enerjisini boşa harcadığı için eleştirilmiştir. Örnek olarak Bitcoin blok zincirini yazmak için kullanılan enerji, şu anda tüm Tacikistan'da tüketilen enerji miktarına eş değerdir (Digiconomist, 2017). Diğer blockchain varyasyonlarının geliştiricileri, özellikle Ethereum, doğrulama süreçlerinde Hisse İspatı (PoS) kullanarak daha az enerji tüketmeye çalışmaktadır.

3.4.2.4 Kompleks yapı

Drescher (2017), uygulandıktan sonra blok zincirin yapısını ve mimarisini değiştirmenin ve yükseltmenin çok zor olduğunu vurgulamaktadır. Kriptografik, blok zincirinin tüm ömrü boyunca kullanılmalıdır ve yapılandırılmaz. Başka bir deyişle, hataları düzeltmek veya başka ayarlamalar yapmak da çok zordur. Bu açıdan, blockchain teknolojisi diğer teknolojilerden daha az esnektir. Morabito (2017) ayrıca, blockchain'in insanlar tarafından yazıldığını hatırlamanın iyi olduğunu ve hatalarla kötü yazılı kod açısından kusursuz olmadığını belirtir.

3.4.3 Fırsatlar

3.4.3.1 Yeni uygulamalar

Fırsatlar temel olarak piyasanın teknolojiyi kucaklayıp kucaklamayacağı ile ilgilidir. Blockchain ile etkileşim kurmak için blok kavramına hakim olmak, çalışma prensiplerini bilmek gibi bazı teknik beceriler gereklidir. Şu anda blockchain teknolojisinin arkasındaki karmaşıklığı azaltmak ve kullanıcı dostu görünüm için çeşitli çabalar sarf edilmektedir. Örneğin, kullanıcıların kayıtları kolayca kontrol etmesini sağlayan tarayıcı eklentilerinin geliştirilmesi ve kullanıcı dostu kripto para cüzdanlarının oluşturulması gibi (MetaMask, 2017; Status, 2017). Çok sayıda

katılımcı blok zincirine veri yazarsa, sayısız yeni uygulama ortaya çıkabilir. Örnek olarak, bir kişinin önceki tıbbi geçmişi, acil durumlarda doktorlar tarafından kolayca elde edilebilir; blockchain, araştırma bilimcileri tarafından kullanılabilecek bir tıbbi veri havuzu olabilir. Bununla birlikte, bu uygulamaların türü ve etkisi kaydedilen bilgi miktarı ve kalitesinin bir işlevi olacaktır (Gatteschi ve diğ., 2018). Her geliştirilen yeni aplikasyon firmaların yoğun rekabet ortamında öne çıkmasını sağlayabilir.

3.4.3.2 Rekabet

Blockchain ile ilgili girişimlerin başarılı olması halinde, blockchain tabanlı uygulamalar ve hizmetler sunan şirketlerin rekabet avantajı olabilir (Christidis ve Devetsikiotis, 2016). Daha küçük kuruluşlar, daha büyük kuruluşlarla rekabet etmek için birbirleri arasındaki blok zincirlerinde güvene dayalı ticari / satın alma çerçeveleri oluşturabilir (Liu ve diğ., 2017). Proje finansmanı ve işlem maliyetleri blockchain teknolojisi ile önemli ölçüde azalacak ve bu da daha küçük ölçekteki kuruluşların pazardan daha fazla pay almasına yardımcı olacaktır. Yine ticari cephede, organizasyonların daha yönetilebilir nakit akışlarını kaydetmelerine yardımcı olacak Blockchain ile projelerde daha hızlı finansman ve ödeme tahsisi gerçekleştirilebilir (Tezel ve diğ., 2019).

3.4.3.3 Dijitalleşme

Dijitalleşme, karar alıcılar tarafından inşaat endüstrisinin bilinen sorunlarına (örneğin düşük verimlilik, düşük değer, kötü güvenlik ve kalite performansı, sık anlaşmazlıklar vb.) temel bir stratejik çözüm olarak görülmektedir (Linderoth 2016; Jacobsson ve diğ., 2017; Lavikka ve diğ., 2018).

İnşaat sektöründeki her türlü dijital işlem için blockchain teknolojisinin bir güvenlik katmanı oluşturması öngörülmektedir. Özellikle tesis yönetimi, akıllı şehirler, ihale yöntemleri ile ve fiziksel veya dijital malzemenin tedarik edilmesinde blockchain'in başlıca faydaları olacaktır (Tezel ve diğ., 2019).

Blockchain tabanlı tedarik zincirlerinde, veriler katılımcılar arasında dijitalleşmenin getirmiş olduğu kolaylık nedeniyle neredeyse anında paylaşılabileceğinden sürecin daha verimli olmasına sebep olabilir (Wang ve diğ., 2017)

Ayrıca, blok zincirleri, gelecekte iki yönlü iletişim için güvenilir bir aracı olarak gelecekte kuruluşlar, kasabalar, şehirler ve bölgeler için merkezi olmayan ortak veri

ortamları (örn. Blockchain tabanlı bulut BIM platformları) oluşturmayı kolaylaştırabilir (Kinnaird ve diğ., 2017).

Sonuç olarak Blockchain, güven, şeffaflık, veri izlenebilirliği, fikri mülkiyet hakları ve kayıt tutma ile ilgili bazı önemli dijitalleşme engellerini aşarak sektördeki dijitalleşme gündemini hızlandırabilir (Tezel ve diğ., 2019).

3.4.3.4 Artan işbirliği ve güven

Taraflar arasında güven eksikliği ve sınırlı işbirliği, inşaat sektöründe belirtilen ve BIM'in benimsenmesini de etkileyen sık karşılaşılan konulardan biridir (Alreshidi ve diğ., 2018). Verilerin daha şeffaf hale gelmesi nedeniyle, taraflar arasında artan işbirliği ve güven olasıdır ve veriler daha özgürce paylaşılacaktır (Winfield, 2018). DLT'ndeki itibar derecelendirmeleri, stratejik ortaklıkları teşvik etmek için ve tedarik zinciri boyunca işbirliğini artırmak için potansiyel bir güçlendiricidir (Belle, 2017). Özellikle kripto para birimleri söz konusu olduğunda, uluslararası döviz kurlarına ve sınır kontrollerine ihtiyaç duymadan sınır ötesi ticaret daha kolay hale getirilebilir. Ancak bunun mevcut uluslararası ekonomik düzene müdahale etme potansiyeli de vardır (Maupin, 2017). Yükleniciler-altyükleniciler ile müşterinin veya projenin farklı ülkelerde olduğu durumlarda, uygun kripto para birimlerine sahip blok zincir kullanılarak, döviz kurları ve para birimlerindeki dalgalanmalar azaltabilir (Barima, 2017).

3.4.4 Tehditler

3.4.4.1 Yeni teknoloji

Blockchain hala nispeten olgunlaşmamış bir kavramdır ve yapılan çalışmalara bakılacak olursa, fizibilitenin ötesinde, birkaç gerçek hayat uygulamasının mevcut olduğu görülmektedir. Bu durum teknolojinin, mevcut süreçler üzerindeki etkisini anlamak isteyen kuruluşlarda bir ikilem yaratabilir (Hughes ve diğ., 2019).

Blockchain teknolojisinin kullanımını açıklığa kavuşturmak için gerekli yeni organizasyon politikalarının olmaması zor olabilir. Blockchain teknolojisinin benimsenmesi mevcut organizasyonel kültürleri değiştirebilir veya dönüştürebilir. Özellikle, tedarik zinciri süreçlerinde blockchain teknolojisinin benimsenmesi, yeni roller, sorumluluklar ve uzmanlıklar gerektirir (Mendling ve diğ., 2017).

Blockchain teknolojisi hala olgunlaşmamış bir aşamada ve biraz abartılmıştır. Çok olgunlaşmamış olduğundan, mevcut çözümleri faydalı bir şekilde değiştirmeye hazır değildir. Konuyla ilgili bir blockchain uygulama projesine liderlik etmek için donanımlı uzman sayısı sınırlıdır. (Johansson ve Nilsson, 2018). Blockchain teknolojisinin gerçek potansiyelini ortaya çıkarmak için daha fazla geliştirilmesi ve anlaşılması gerekmektedir.

3.4.4.2 Veri gizliliği

Açık blockchainlerde veri gizliliği yoktur. Ayrıcalıklı kullanıcı sistemi de olmadığından, blockchain'deki her kullanıcı blockchain üzerindeki tüm bilgilere erişebilir ve herkes herhangi bir izin olmadan herkese açık blockchain ağına katılabilir (Lu ve Xu, 2017). Bu nedenle, veri gizliliği genel blok zincirlerinde önemli bir konudur. Veri gizliliği konusunda endişe duyan bu tür kullanıcılar özel blok zincirlerini tercih etmelidirler (Nanayakkara ve diğ., 2019). Veri gizliliği sorunlarını çözmek için özel blockchain, veri şifreleme, üyelik yönetimi, kanallar ve diğer birçok çözüm önerildi ve uygulandı. Öte yandan, halka açık bir blockchain'de bile, tüm düğümlerin bunlara erişimi olmamasını sağlamak için hassas veya gizli bilgiler saklanabilir (Lo ve diğ., 2017). Bilginin blok zincirinde kodlandıktan sonra değiştirilemez ve herkes tarafından erişilebilir olması bir başka tehdittir ve kullanıcıların gizliliğine zarar verebilir. Bir örnek vermek gerekirse, herkes gelen işlemlerini analiz ederek bir kişinin sahip olduğu para miktarını kontrol edebilir. Veya tıbbi kayıtların blok zincirinde saklanması bu sorunu daha da önemli hale gelecektir. Gizlilik sorunlarıyla başa çıkmak için ödemeleri / işlemleri anonimleştirmek için bazı çözümler önerilmiştir (Ober ve diğ., 2013; Peck, 2016).

Akıllı sözleşmeler bilgisayar korsanları için cazip hale gelebileceğinden, kodun değişmezliği ve kendi kendine yürütülmesi blok zinciri için başka bir tehdit olabilir (Zaninotto, 2016). Akıllı sözleşmelerde açık olmasa dahi, sözleşmelerdeki bazı uygulamaları blok zincirine eklemek için dış kaynaklara ihtiyaç vardır. Bu durumda en zayıf nokta dış kaynaklar olur. Blok zincirine yanlış bilgilerin aktarılmasının sonuçları, her biri farklı yerlerden bilgi alan birden fazla dış kaynağa güvenerek kısmen azaltılabilir (Gatteschi ve diğ., 2018).

3.4.4.3 Entegrasyon

Blockchain uygulamaları mevcut sistemlerde önemli değişiklikler veya tamamen değiştirilmesi gereken çözümler sunar (Niranjanamurthy ve diğ., 2018). İşletmeler, mevcut eski sistemleri ile birlikte çalışan veya mevcut sistemlerini blockchain uyumlu olacak şekilde dönüştüren blok zinciri tabanlı çözümler temin etmek veya geliştirmek zorundadır. Ayrıca, blockchain çözümleri başlangıçta mevcut sistemler tarafından sunulan tüm işlevleri sağlamayabilir blockchain çözümleriyle entegre edilebilen yeni sistemler gerektirebilir (Sadhya ve Sadhya, 2018). Geçiş yapabilmek için şirketlerin ne yapacaklarını stratejik olarak planlamaları gerekir.

3.4.4.4 Kur Dalgalanmaları

Başka bir husus, blockchain tabanlı ödemelerin kabul edilmesinde bir sınırlama haline gelebilecek kripto paralardaki dalgalanmalardır. Modern para birimleri ulusal hükümetler tarafından oluşturulmuş ve düzenlenmiştir. Kripto para birimlerinin spekülasyona tabi olduğu ve teknolojinin henüz tam olarak olgunlaşmadığı ve hataların sıklıkla görüldüğü göz önüne alındığında, kripto paraların değeri büyük dalgalanmalar göstermektedir. Blockchain ve dolayısıyla Bitcoin hükümet düzenlemelerinde dışarıda kalırsa, finansal kuruluşlar tarafından yaygın olarak benimsenmesinde engellerle karşılaşacaktır (Niranjanamurthy ve diğ., 2019; Gatteschi ve diğ., 2018).

3.4.4.5 Belirsiz yasal durum

Düzenleyici kurumlar henüz blockchain yeniliğini yakalamamıştır ve bu durum blockchainin endüstrilerdeki işletmeler tarafından benimsenmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Blockchain uygulayan dijital para birimleri, hükümet ve düzenleyici desteğin bulunmaması nedeniyle desteğin verilmesi için mücadele etmiştir (Christopher, 2014). Blockchain teknolojisi ile tasarlanan yeni iş modelleri, yeni düzenlemeler ve yetkililerle aktif işbirliği gerektirecektir. Ayrıca blockchain teknolojisi, günümüzün düzenleyici dokusunun unsurları olan güvenilir araçlara olan ihtiyacı ortadan kaldırma potansiyeline sahiptir (Risius ve Spohrer, 2017). Geleneksel kurumların genellikle bilgilerini gizli tutmaları gerekir, ancak blockchain teknolojisinin şeffaflık özelliği bu gereksinim ile çelişir. Bu nedenle düzenleyiciler ikilem halindedir, ancak BCT'ye verecekleri destekle teknolojinin olumlu yönlerini daha çok ortaya çıkmasına yardımcı olabilirler. Ayrıca, bu merkezi olmayan

teknolojinin düzenlenmesi, tüketicilerin haklarının korunmasını ve teknolojinin paydaşlarının yasalara uymasını sağlayacaktır (Abramova ve Böhme, 2016).

Blockchain teknolojisini güçlü kılan benzersiz özelliklerini tekrarlayacak olursak; merkezi olmayışı nedeniyle bir otoriteye bağlı olmaması, otomasyon özelliği ile önceden belirlenen şartlara göre sözleşmeyi kendiliğinden uygulaması, şeffaflık özelliği ile kullanıcılara işlem geçmişini izleme olanağı sağlaması, denetlenebilir olmasıyla yapılan tüm işlemlerin hesap verilebilirliği sayılabilir. Blockchain teknolojisine kaydedilen hiçbir verinin silinmemesi ve gerçek kimlik olmaksızın giriş yapılabilmesi de gizlilik özelliğini gösterir. Bu özellikler, iş verimliliğini artırır, zaman ve maliyetten tasarruf sağlar, veri güvenliğini sağlar, bilgi aktarımında ve kullanımında oluşabilecek hataların önüne geçer.

Buna karşılık blockchain teknolojisinin enerji tüketimi, ölçeklenebilirlik ve performans gibi konularında bir takım zayıflıkları mevcuttur. Fikir birliği mekanizmaları dikkatle incelenmeli ve daha sürdürülebilir, daha hızlı ve ölçeklenebilir hale getirilmelidir. Bu konuda belirtildiği gibi çalışmalar mevcuttur. Ayrıca blockchain ile etkileşim, ortalama kullanıcı için hala karmaşıktır. Belli blockchain konularına hakim olmak ve bazı teknik altyapı gerektirir.

Blockchainin yeni bir teknoloji olmasından ötürü üzerinde hala çok fazla yanlış bilgi var ve insanlar hala merkezi olmayan uygulamalardan ziyade geleneksel uygulamaları tercih edebilirler. Açık blockchain sistemlerinde verilerin güvenli olmasına karşın herkes tarafından görülebilir olması bir başka tehdit olarak algılanabilir. Kripto para birimlerinin değerindeki değişiklik yeni bir teknoloji olan blockchainin potansiyel kullanıcılarını korkutabilir. Mevcut sistemin blockchaine mi entegre olacağı yoksa en baştan yeni bir sistemin kurulması mı gerektiği sorusu kullanıcıları düşündürebilir. Henüz belirgin bir yasal düzenlemesinin olmaması da kullanıcıları düşündürecek bir başka unsur olabilir.

Blockchain teknolojisi bir takım fırsatları da bünyesinde barındırır. Örneğin teknolojinin inşaat sektöründeki işbirliği ve güven sorununu çözebilecek yapıya sahip olmasının yanı sıra, sektörün giderek artan rekabetçi yapısı nedeniyle blockchain teknolojisini benimseyen küçük-orta ölçekli firmaların diğer büyük ölçekteki firmalarla yarışabilme fırsatı oluşabilir. Günümüzde dijitalleşen dünyada, inşaat sektöründe blockchainin sağlamış olduğu avantajlarla bulunmak dijitalleşme

sürecinde yardımcı olabilir. Ayrıca blockchainin kompleks görünen yapısına kullanıcı dostu uygulamalar hazırlanarak toplumda benimsenmesini kolaylaştırma fırsatı yaratılabilir.



4. BIM İLE İLGİLİ YASAL SORUNLAR VE BLOCKCHAIN'İN GETİREBİLECEĞİ ÇÖZÜMLER

4.1 Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)

Farklı zamanlarda BIM kısaltması çeşitli şeyleri tanımlar ve hala tek, yaygın olarak kabul edilen bir tanımı yoktur. BIM kavramları 1980'lerde CAD'in (Bilgisayar Destekli Çizim) ilk günlerine kadar uzanır ve o zamanlar araştırmacılar tarafından kavramsal olarak tanımlanmıştır (Eastman ve diğ., 2008). O zamanlar BIM aslında harici bir 'zeka' ile zenginleştirilmiş grafiksel üç boyutlu model (3D) oluşturmak anlamına geliyordu. Bu teknolojinin temeli, geometrik model binasını, fiziksel özelliklerini, adlarını ve bileşenlerinin işlevsel özelliklerini kapsayan Grafik Bilgi Modeli'nden oluşmaktadır (Ford ve diğ., 1995). BIM'in modern tanımı 1990'ların sonunda - 2000'lerin başında, Revit, Autodesk, Graphisoft ve Bentley gibi farklı CAD yazılım satıcıları tarafından sunulan bir dizi SBM (Tek Bina Modeli) gerçekleştirme konseptinin ortaya çıkmasıyla ortaya çıkmıştır (Smith ve Tardif, 2009). BIM, farklı disiplinler arasında maksimum işbirliği sağladıkça ve akıllı nesneler modeli oluşturdukça, inşaat sektöründe bilgi modelleme teknolojisinin standart tanımı haline gelmiştir ve tasarım şirketlerinde BIM çoğunlukla kullanılmaya başlanmıştır (Migilinskas ve diğ., 2013). BIM'in tanımının ne olduğu ile ilgili bir çok kaynak mevcuttur.

Bina Bilgi Modellemesi (BIM), mimari tasarım olarak 2 boyutlu (2B) çizimi 3 boyutlu (3B) modelle değiştirmek anlamına gelir. BIM proje tasarım verimliliğini artırır, entegre tasarım iş akışını teşvik eder ve tasarım sürecindeki hataları azaltır (Lévy, 2011). BIM, inşaatın önce müşterilere tatmin edici bir şekilde nihai ürünleri sergilemeyen, tasarım sırasında bina performansını değerlendirmek için multidisipliner işbirliğini kolaylaştıramayan ve inşaat sırasında gereksiz çalışmaları önleyemeyen tasarım uyumsuzluklarını gösteremeyen geleneksel AEC yöntemlerine bir yanıt olarak geliştirilmiştir (Fabris, 2010). Bina Bilgi Modellemesi (BIM), binaların tasarlanma, inşa etme ve işletilme şeklini hızla dönüştüren devrim niteliğinde bir teknoloji ve süreçtir (Hardin, 2009). BIM hem bir teknoloji hem de bir

süreçtir. BIM'in teknoloji bileşeni, proje paydaşlarının herhangi bir olası tasarım, inşaat veya operasyonel sorunu tanımlamak için simüle edilmiş bir ortamda ne yapılacağını görselleştirmelerine yardımcı olur. Süreç bileşeni yakın işbirliğini mümkün kılar ve bir proje üzerindeki tüm paydaşların rollerinin entegrasyonunu teşvik eder (Azhar ve diğ., 2012). Daha fazla etkinlik ve verimlilik açısından BIM, programlama, tasarım, uygulama ve tesis yönetimi için avantajlar sağlar. BIM, inşaat işlerini daha iyi işbirliği, görselleştirme ve yönetme konusunda sahiplere, tasarımcılara, yüklenicilere ve yönetim ekiplerine yardımcı olur. Birleşmiş Milletler Milenyum Hedeflerine göre Bina Bilgi Modellemesi (BIM) yaygın olarak inşaat sektöründe yenilik ve üretkenlik için bir katalizör olarak görülmektedir. BIM, gelişmekte olan ülkelerde yoksulluğun ortadan kaldırılmasına katkıda bulunabilecek daha sürdürülebilir bir inşaat sürecine yardımcı olabilir (Bui ve diğ., 2016).

4.1.1 BIM'in İnşaat Sektöründe Kullanımı

İnşaat endüstrisi uzun süredir proje maliyetini düşürmek, verimliliği ve kaliteyi artırmak ve proje teslim süresini azaltmak için teknikler aramaktadır. BIM bu hedeflere ulaşma potansiyeli sunmaktadır (Azhar ve diğ., 2008). BIM, inşaat projesini sanal bir ortamda simüle eder. BIM teknolojisi ile bir yapının doğru bir sanal modeli dijital olarak oluşturulur. Tamamlandığında, bina bilgi modeli, binayı gerçekleştirmek için gereken tasarım, tedarik, imalat ve inşaat faaliyetlerini desteklemek için gereken geometri ve ilgili verileri içerir (Eastman ve diğ., 2008). Tamamlandıktan sonra, bu model işletme ve bakım amacıyla kullanılabilir.

Bir bina bilgi modeli; yapı elemanlarının geometrisini, mekânsal ilişkileri, coğrafi bilgileri, maliyet tahminleri, malzeme envanterleri ve proje planlamasını karakterize eder. Model, bina yaşam döngüsünü göstermek için de kullanılabilir (Bazjanac, 2006). Böylece daha projeye başlamadan kullanılacak malzemelerin miktarları ve özellikleri kolaylıkla belirlenebilir, işin kapsamı tanımlanabilir, sistemler ve montajlar tüm tesis veya tesis grubu içinde nispi bir ölçekte gösterilebilir. Tasarımlar, tedarik detayları, teslim süreçleri vb gibi proje ile ilgili belgeler kolayca ilişkilendirilebilir (Khemlani ve diğ., 2006).

BIM, tüm tasarım ekibi üyelerinin (mal sahipleri, mimarlar, mühendisler, yükleniciler, alt yükleniciler ve tedarikçiler) daha doğru bir şekilde işbirliği yapmasına olanak tanıyan, bir tesisin tüm yönlerini, disiplinlerini ve sistemlerini tek bir sanal model içinde kapsayan sanal bir süreç olarak görülebilir (Carmona and Irwin 2007).

BIM'in sadece yazılım olmadığını belirtmek önemlidir; bir süreç ve yazılımdır. BIM sadece üç boyutlu akıllı modeller kullanmakla kalmaz, aynı zamanda iş akışı ve proje teslim süreçlerinde de önemli değişiklikler yapar (Hardin 2009). BIM, AEC içinde tüm paydaşların bir projedeki rollerinin entegrasyonunu teşvik eden yeni bir paradigmayı temsil eder. Geçmişte kendilerini 'rakip' olarak gören proje katılımcıları arasında daha fazla verimlilik ve uyum sağlama potansiyeline sahiptir (Azhar ve diğ., 2008).

BIM, geleneksel kağıt tabanlı inşaat projeleri araçlarını alır, onları sanal bir ortama yerleştirir ve geleneksel inşaat süreçlerini aşan bir düzeyde verimlilik, iletişim ve işbirliğine izin verir (Lee, 2008). Dolayısıyla Grilo ve Jardim-Goncalves (2010) karmaşık proje sistem koordinasyonunun şu anda belki de BIM'in en popüler uygulaması olarak tanımlamakla birlikte, BIM'in ekip üyeleri arasındaki işbirliğini geliştirmek için ideal bir süreç olduğunu belirtir.

Bir bina bilgi modelinin en önemli yararı, bir binanın parçalarının entegre bir veri ortamında doğru geometrik temsilidir (CRC Construction Innovation, 2007)

BIM kesinlikle sektöre birçok fayda sağlamıştır. Bunlar arasında tek giriş ancak çoklu kullanım, tasarım verimliliği, işbirliği, esneklik, tutarlı tasarım tabanları, üç boyutlu modelleme ve çatışma çözümü, alternatif çözümlerin ve seçeneklerin görselleştirilmesi, diğerleri arasında enerji analiz kabiliyeti bulunmaktadır (Larson ve Golden 2007, Ashcraft 2008).

BIM 'in diğer faydaları arasında; daha hızlı ve efektif inşaat süreci ile daha iyi tasarım ve müşteri hizmeti, otomasyon, ömür boyu gerekli verilerin temini olarak gösterilebilir (Azhar ve diğ., 2008).

2008 yılında Vilnius'ta yapılan ve 4 yıl süren yenileme projesinde BIM teknolojisinin etkin kullanımı, tasarım disiplinleri arasındaki birlikte çalışabilirliğin kontrol edilmesine yardımcı olarak ve daha tasarım öncesi aşamasında proje değerinin yaklaşık% 0,5'ini korumuştur. Yükleniciler, altyükleniciler ve tedarikçiler arasındaki

yoğun işbirliği sayesinde doğru miktarda ödemeler yapılmış, gereksiz anlaşmazlıklar olmaksızın yüksek motivasyonla proje tamamlanmıştır (Migilinskas ve diğ., 2013).

Kunz ve Gilligan (2007) tarafından yapılan araştırma sonucunda inşaat sektörünün hala işlerini yürütmek için geleneksel çizimlere ve uygulamalara bağlı olduğu gösterilmiştir. BIM kullanan şirketlerin çoğu ise, bu teknolojiden büyük memnuniyet duyduğunu bildirdi. Kullanıcıların CAD platformunun güçlü dokümantasyon ve görselleştirme yeteneklerinden faydalanmakla kalmayıp aynı zamanda birden fazla tasarım ve yönetim işlemini destekleyen bir BIM uygulaması istediğini göstermektedir. Bir teknoloji olarak BIM hala gelişme aşamasındadır ve pazardaki çözümler kullanıcıların özel ihtiyaçlarına yanıt verdikçe gelişmeye devam edecektir.

4.1.2 BIM ve Bütünleşik Proje Teslim Sistemi (IPD)

İnşaat alanındaki proje yönetimi, aşamalı bir yaklaşımdan entegre bir yaklaşıma son elli yıl içinde olgunlaşmıştır. Basamaklı yaklaşımda, projenin her fazı aşamalı olarak gerçekleştirilirdi ve bir aşama tamamlandıktan sonra bir sonraki aşama başlatılırdı. Bugünün konsepti ise çok sayıdaki disiplinlerin bir takım olarak aynı amaç için alanlarındaki uzmanlıklarını aynı anda sergiledikleri bir formata evrilmiştir (Fleming & Koppelman, 1996). Artan uzmanlaşma ile birlikte iletişim ihtiyacı ve aynı anda projenin birçok kısmının yapılmasıyla ilişkili risk artmaktadır. Proje paydaşlarının proje üzerindeki etkileri ve paydaşları yönetme ihtiyacı daha belirgin hale gelmektedir. 2017 yılında Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) tarafından yapılan bir ankette, mal sahiplerinin % 83'ünün geleneksel proje teslim modellerini değiştirmek ve proje paydaşları arasında genel proje optimizasyonunu için erken aşamada iletişimi, işbirliğini ve bilgi paylaşımını güçlendirmek istediği ortaya çıkmıştır. BIM teknolojisinin güçlü bir şekilde yaygınlaşması, geleneksel proje teslim modellerinin gelişen yeni ihtiyaçlara cevap vermekte zorlanmasına sebep olduğu gibi inşaat sektörünün üretim verimliliğini ve genel proje faydalarını artırmıştır (Chen ve diğ., 2020).

Entegre proje teslimi (IPD), proje sorunlarını, kısıtlamaları ve talepleri ele almaya yönelik bir girişimdir. IPD metodolojisi, proje yönetim sürecine katılan tüm paydaşların projede eşit 'ses'e sahip olması için mal sahibinin isteğinden gelişmiştir (Carbaso, 2008).

IPD “insanları, sistemleri, iş yapılarını ve uygulamalarını, tasarım, fabrikasyon ve yapım fazlarında israfı azaltmak ve verimliliği optimize etmek için bütün katılımcıların yetenek ve bakış açılarını bir süreçte biraraya getirerek entegre eden bir proje teslim yaklaşımıdır” (AIA California, 2007).

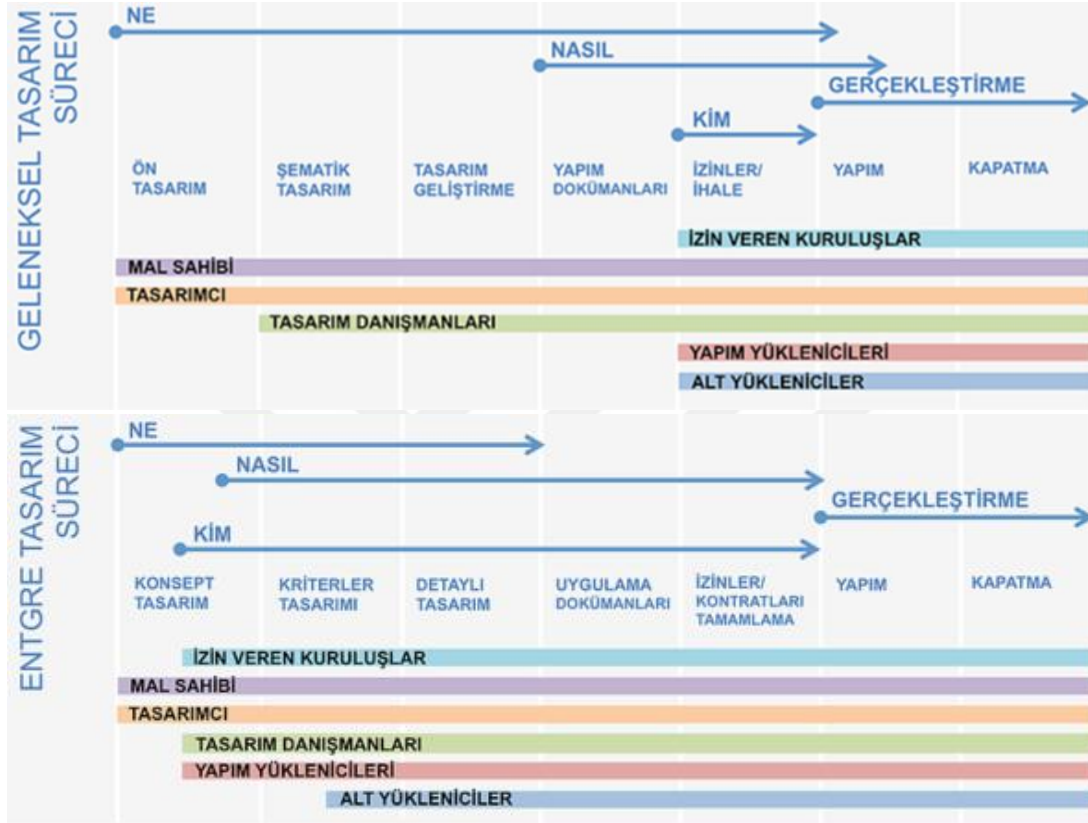
Bu yöntem altında üç grup vardır: ana paydaş olarak hareket eden mal sahibi, mimar / mühendis ve yüklenicidir. IPD, geleneksel proje teslim modelindeki değişikliklerin bir sonucudur ve proje ekibini; israfı ortadan kaldıracak, proje süresini azaltacak, verimliliği artıracak ve ilgili taraflar için bir kazan-kazan sonucu yaratacak şekilde organize etmeyi amaçlamaktadır (Carbaso, 2008). Ilozor ve Kelly (2012), IPD’yi bir projenin tasarım, planlama ve yürütme aşamaları boyunca gerçekleşen resmi bir işbirliği olarak tanımladığı gibi büyük ölçekli ve kompleks projeler için uygun olduğunu belirtir. IPD, bir projeyi tamamlamak için toplanan multidisipliner ekip üyelerinin riski ve ödülü paylaşmasını, eşit katkıda bulunmasını, yoğun işbirliği altında çalışmalarını, alternatif süreç ve teknolojileri kullanmasını gerektiren yeni nesil bir proje teslim sistemidir.

IPD ilk olarak, 1990’ların sonunda İngiltere’nin Kuzey Denizi’ndeki petrol sondaj platformu projesinde kullanıldıktan sonra, Avustralya ve Amerikan projelerinde başarıyla uygulanmıştır. IPD modeli proje üyeleri arasındaki işbirliğine vurgu yapar ve temel fikri; risk ve fayda paylaşımı ile projelerin ticari yapısını, insan kaynaklarını ve mühendislik sistemini tam olarak dikkate alarak projeyi yürütmesidir (Chen ve diğ., 2020).

BIM modeli ve IPD’nin birlikte kullanımı sayesinde, bu çalışma yöntemi işbirlikçi, entegre ve şeffaf bir inşaat sürecine yol açar. Tüm iletişim merkezi modele geri döner. Model, tüm proje ekibi üyeleri arasında paylaşılır ve tüm bilgilerin yapılandırıldığı, yönetildiği ve sürdürüldüğü ortak, zengin bir veritabanı görevi görür. Bu nedenle, yedekli veri miktarı azaltılırken, modelde bulunan veriler tüm katılımcılar tarafından kullanılabilir. Projenin tamamlanmasıyla birlikte bu zengin veri modeli, tesis yönetim ekibine teslim edilebilir (Jones, 2014).

IPD ve daha geleneksel proje teslim yöntemleri örneğin; Anahtar Teslim (LS) , Tasarım / Yapım (DB), Risk Altında İnşaat Yönetimi (CM at Risk) ve İnşaat Yönetim Danışmanı (CM Advisor) arasındaki en çarpıcı fark, projenin tüm taraflarının aynı anlaymayı yürüttüğü ve risk ile potansiyel ödüllerin paylaşıldığı tek

bir çok taraflı anlaşmanın kullanılmasıdır (Lancaster ve Tobin, 2010). Hem AIA hem de AGC, IPD'nin benimsenmesini kolaylaştırmak için model IPD anlaşmaları yayınlamıştır; ancak, uygulama başlangıç aşamasındadır ve bu formlar henüz geniş çapta kabul görmemektedir. Buna karşılık olarak, geçmişte IPD projeleri için çeşitli tip ve şekillerde entegre anlaşmalar kullanılmıştır. (AIA, 2007). Entegre tasarım süreci ve geleneksel tasarım süreci arasındaki fark Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Entegre Tasarım Süreci ve Geleneksel Tasarım Süreci Karşılaştırması, Kutmen&Partners (2019)’dan uyarlanmıştır.

Çizelge 4.1 : Geleneksel proje teslim yöntemleri ve IPD karşılaştırması. Ilozor ve Kelly (2012)’den uyarlanmıştır.

Geleneksel Proje Teslim Yöntemleri	Karakteristik	Entegre Proje Teslim Sistemi
Bir arada değil, minimum ihtiyaç düzeyinde, yüksek hiyerarşik düzen	Ekip	Sürecin en başında bir araya gelmiş entegre bir takım, yüksek işbirliği
Doğrusal, kesikli, gerektiği kadar bilgi toplanan	Süreç	Eşzamanlı ve çok aşamalı, erken dönemde bilgi ve uzmanlık katkısı, paydaşlar arası güven ve şeffaflık
Bireysel olarak yönetilir, mümkün olan en yüksek düzeyde transfer edilir	Risk	Toplu olarak yönetilir, uygun şekilde paylaşımı yapılır
Bireysel olarak takip edilir, genellikle maksimum getiri için minimum çaba uygulanır, birinci maliyet esaslı	Ceza/Odül	Takımın başarısı projenin başarısına bağlıdır, değer esaslıdır
Genelde kağıda basılı çıktı şeklinde ve 2 boyutlu	İşbirliği ve Teknoloji	Dijital tabanlı, sanal, Yapı Bilgi Modellemesi (3 veya daha fazla boyut)
Tek taraflı çabayı teşvik eden, riski aktarmaya yönelik, paylaşımsız	Anlaşma	Çok taraflı açık paylaşımlı, işbirliğini teşvik eden ve destekleyen, riski paylaşım

Geleneksel yöntemlerden diğer farklılıklar; takım oluşturma protokolü, süreç, iletişim, teknoloji kullanımı ve etkileşimi içerir. IPD nispeten yenidir ve sektörde henüz geniş çapta kabul görmemektedir (Kent ve Becerik-Gerber, 2010). Bu farklılıklar Çizelge 4.1’de özetlenmiştir. Seçilen proje teslim yöntemi, inşaat sırasında karşılaşılması muhtemel riskleri büyük ölçüde belirleyecektir (Ogunsanmi ve diğ., 2011).

4.2 BIM Uygulamalarında Karşılaşılan Sorunlar

BIM, işbirliğini, güveni teşvik ederek ve veri alışverişini basitleştirmeye çalışan İnşaat endüstrisindeki dijital dönüşümün ön saflarında yer almaktadır. McGraw-Hill, BIM’in benimsenmesinin 2009’daki % 49 orandan 2012’de % 71’e yükseldiğini bildirmiştir (Atkins ve Mendelson, 2013). BIM modelleri, yapının mimari, yapısal ve MEP tasarım alanları gibi tüm yönlerini içerebilecek kapsamlı bir tasarım modeli sunar. Ayrıca, Autodesk Revit gibi BIM platformlarındaki birkaç yerleşik eklenti sayesinde, dış çevre koşulları, coğrafya, hava durumu simülasyonu, enerji analizi, bina enerji modellemesi ve yapısal analiz gerçekleştirmek mümkündür (Nawari ve Ravindran, 2019).

İnşaat sektöründe BIM’in benimsenmesinden doğan faydalar açısından Cannistrato (2009), 6 yıldan uzun süredir 408 projeden elde edilen ve BIM’in para tasarrufuna ne kadar katkıda bulunduğunu ölçmek için toplam değeri 558.858.574 \$ olan verileri incelemiştir. Raporda, proje ekibi süreçte daha iyi işbirliğine girdikçe BIM’in daha fazla para tasarrufu sağladığını belirtilmiştir. Başka bir örnek, Bryde ve diğerlerinin 2013’teki çalışmasının benzer sonuçlar gösterdiğidir. Araştırmaları, 2008-2010 yılları arasında BIM kullanımına bağlı maliyet tasarruflarını gösteren 35 vaka çalışmasını kapsamıştır. Çalışma aynı zamanda proje çizelgelerinde daha az zaman, daha iyi iletişim, daha fazla bilgi alışverişi ve daha yüksek koordinasyon seviyeleri kaydetti. Veriler, donanım yükseltmeleri, yazılım uygulaması ve personel eğitimi gibi ilk maliyetlerin BIM uygulaması üzerine uzun vadede dengelendiğini açıkça göstermektedir.

BIM’in tüm dünyada tanınmaya başlamasıyla birlikte kitlelerce uygulanması da hızlanmıştır. Bu tanınmanın ve uygulanmanın doğal bir sonucu olarak bir takım problemler meydana gelmiştir. Chien ve diğ. (2014) sözleşmeyi standartlaştırma, veri

sahipliği, sigorta, riskler ve rol ve sorumlulukların tahsisi gibi alanlarda BIM ile ilgili belirsiz yasal yükümlölükler ve prosedürler olduğunu bildirmişlerdir. Projeye hakların ve rollerin tahsisi belirsiz olduğundan, projenin düzgün bir şekilde ilerlemesini sağlamak zordur ve böylece projeye daha büyük riskler getirir. Tam entegre bir BIM modeli, disiplinler arasında gelişmiş iletişim ve işbirliği yoluyla elde edilir (Jamal ve diğ., 2019). Bu nedenle, sorumlulukları atamak ve tasarım gözden geçirmelerini ve onaylarını uygulamak için karşılıklı protokoller ve standart kılavuzlar gereklidir (Kensek, 2014).

BIM teknolojisinin sağlayabileceği tüm verimlilikler ve tasarruflar için kullanımı risksiz değildir. Belirlenecek ilk konulardan biri, BIM verilerinin mülkiyeti ve verilerin telif hakkı ve diğ. yasalar yoluyla nasıl korunacağıdır (Thompson ve Miner, 2006).

Çizelge 4.2 : BIM Yasal Riskler Literatür Taraması; Arshad ve diğ. (2019)'dan uyarlanmıştır.

4.3 Blockchain'in Çözüm Getirebileceği Sorunlar

Bu kısımda, BCT'nin BIM sürecini zenginleştirmedeki ve mevcut sorunların bir kısmına çözüm olabilecek potansiyel yetenekleri ele alınmıştır. Mevcut BIM ile blockchain teknolojisinin entegrasyonu araştırılmıştır.

Birçok kaynağı birleştiren dijital bir model olarak BIM, farklı disiplinlerin işbirliği yapmasına, tasarım ve inşaat sorunlarını çözmesine olanak tanıyan bir bilgi alışverişi platformu sağlar. Farklı katılımcıların işbirliği sürecinde çok sayıda katkısını belirlemek ve bunlar arasında uyumsuzluk ve dava durumunda yasal bilgi yönetimini gerçekleştirmek kritik önem taşımaktadır (Thomas, 2013). Tasarım mülkiyetinin, model sahipliği yönetiminin ve verilerin gizliliğinin BIM'in benimsenmesinin

Yasal Riskler	Açıklamalar	Referanslar
Fikri Mülkiyet	Tasarım ve verilerin fikri mülkiyetinin korunması	Olatunji (2011), Arensman ve Ozbek (2012), Manderson ve diğ. (2015), Alwash ve diğ. (2017)
Mesleki Sorumluluk	Paylaşılan bilgilerin mesleki sorumluluğu	Arensman ve Ozbek (2012), Manderson ve diğ. (2015), Alwash ve diğ. (2017)
Sözleşme Koşulları	Verilerin modellenmesi ve paylaşımı	Manderson ve diğ. (2015) Alwash ve diğ. (2017)
Verilerin Birlikte Çalışabilirliği	BIM dosyalarının ortak kullanımı sonucu olası veri kaybı	Olatunji (2011), Bryde ve diğ. (2013), Porwal ve Hewage (2013), Won ve diğ (2013), Chien ve diğ. (2014)
Protokol Süreç ve Sorumluluklar	Taraflar arasında iletişim yapısının geliştirilmesi	Olatunji (2011), Arensman ve Ozbek (2012), Manderson ve diğ. (2015)
Veri Güvenliği	Veri bozulması, çalınma veya manipülasyona karşı güvenlik	Olatunji (2011) ve Manderson ve diğ. (2015)
Maliyet Telafisi	Model yönetiminin maliyeti ve ilgili paydaşlar tarafından geri ödenmesi	Olatunji (2011), Arensman ve Özbek (2012) ve Manderson ve diğ. (2015)
Belirsiz BIM Standartları	Belirsiz BIM standartları	Azhar (2011), Arensman and Ozbek (2012), Chien ve diğ. (2014)
Bakım Standardı ve Mesleki İhmal	Tarafların Kaybı önlemek için verdikleri hizmetler	Arensman ve Ozbek (2012) Alwash ve diğ. (2017)
Elektronik Belgelerin Kabul Edilebilirliği	Mahkemelerde veya yerel yönetimlerde elektronik belgelerin kabul edilebilirliği	Olatunji (2011), Alwash ve diğ. (2017)
Model Yönetim Zorluğu	Model her güncellendiğinde model yönetimi güçleşir	Gu ve London (2010), Bryde ve diğ. (2013), Porwal ve Hewage (2013), Won ve diğ. (2013), Chien ve diğ. (2014), Ozorhon ve Karahan (2016)
Mevzuat ve Yargı Önceliği	BIM kullanımı için mevzuat	Olatunji (2011) , Manderson ve diğ. (2015)
Yazılım Uyumluluğundaki Eksiklikler	Her firmanın kendi belirlediği yazılımı kullanması sonucu ortaya çıkan uyum sorunu	Luthra (2010), Azhar (2011), Migilinskas ve diğ. (2013), Porwal ve Hewage (2013) Chien ve diğ. (2014)

önündeki başlıca engeller olduğu kabul edilmektedir (Redmond, 2012). BIM'in uygulanması ve benimsenmesi için, inşaat sektöründeki farklı paydaşlar arasında daha fazla güvene ihtiyaç duymaktadır (Matthews, 2017).

4.3.1 Tasarım mülkiyeti

Arensman ve Özbek (2012), projenin tamamlanmasından sonra nihai modele kimin sahip olacağı konusunu irdelemiştir. Örneğin, mal sahibi tasarım için ödeme yapıyorsa, nihai tasarımın kendisine ait olduğunu savunabilir, ancak ekip üyeleri projede kullanmak için özel bilgiler sağlıyorsa mülkiyet bilgilerinin de korunması gerekir. Dolayısıyla, veri sahipliği sorununa basit bir cevap yoktur; katılımcıların ihtiyaçlarına bağlı olarak her projeye benzersiz bir yanıt verilmesini gerektirir (Thomson ve Miner, 2006). Proje tamamlandığında, projenin yüklenicisi veya sahibi, tesis yönetimi amaçları için modele sahip olmak isteyecektir (Hamil, 2011). Geleneksel olarak inşaatta, tasarımcılar proje tasarımları üzerinde fikri haklara sahiptir ve sonuç olarak modelin başkaları tarafından kullanılmasına izin vermek konusunda çoğu zaman isteksizdirler. Bu nedenle bazıları, BIM'in tasarımın doğal ilkelerini değiştirmede için mülkiyetin tasarımcıya ait olması gerektiğini savunmaktadır (Hurtado ve O'Connor, 2008). Bu durum, proje modelini oluşturanın modele sahip olduğunu öne süren Arensman ve Özbek (2012) tarafından da desteklenmektedir. Bununla birlikte BIM modelinde, işbirliği içinde bir dizi farklı kuruluş tarafından çalıştığından, bunun gerçekte kim olduğu açık değildir. Bu nedenle AIA (2007) ve Bedrick (2006), BIM modelinin işbirliği ile üretildiğini, son modelin mülkiyeti müşteriye ait olduğunu ileri sürmektedir. BIM modeli farklı taraflardan bilgiler içerdiğinden ve her biri katkıda bulundukları modele ait fikri mülkiyet haklarını korumak istediği için yasal zorluklar yaratır (Larson ve Golden, 2008). Tasarım üzerindeki kontrol kaybı BIM'in uygulanmasında yasal bir engel haline gelir. Ayrıca tasarım dönemi boyunca BIM modeli geliştirme aşamasındadır. Tasarım ilerledikçe BIM modeli içinde farklı veri girdileri oluşur ve modelin yönetimi, sorumluluğun dağıtılması açısından oldukça önemlidir (Lip, 2012). Tasarım uzmanları ve yükleniciler, modelin kontrolünü baş tasarımcıya yönlendirebilirler. Ancak bu durum, modelle ilgili ve proje ile ilgili bir sorun ortaya çıktığında o kişiyi sorumlu yapar. Sieminski'ye göre (2007), farklı kişiler ve kuruluşlar BIM sürecinde veri değiştirme yeteneğine sahip olduklarından, bir hatadan sorumlu tarafı belirlemek genellikle zordur. Tasarım yükümlülüğü ile ilgili

de birçok sorun vardır: Tasarım sorumluluğu, standardizasyon, protokol, ortak çalışma, BIM koordinatörlüğü ve telif hakkı verilerinin paylaşılması olarak sıralanabilir. Bunlar tazminat talepleri, ihtilaflar ve sigorta zorlukları ile sonuçlanabilir (Eadie ve diğ., 2015).

Bir varlık, özellikle dijital bir varlık için sahiplik hakları kanıtlanabilir ve izlenebilir. Özellikle BIM projelerinde birçok katılımcının olması ve her birinin tasarıma farklı farklı katkılarının olması sebebiyle bunları ayırmak zordur. BCT sayesinde bir BIM modelindeki çeşitli tasarımların, modellerin ve hatta nesneler için revit ailelerinin hareketleri açık ve şeffaf bir şekilde izlenebilir. Dijital para birimleriyle ve akıllı sözleşmelerle, tasarımlarla ilgili sahiplik hakları neredeyse anında ve ihmal edilebilir bir maliyetle bir başkasına aktarılabilir (Kinnaird ve diğ., 2017).

4.3.2 Verilerin güvenliği

Verilerin güvenliği konusu dijitalleşen dünyada oldukça önemli konuma gelmiştir. Küçük bir bilgi sızıntısı dahi potansiyel olarak tüm güvenliği tehlikeye atabilir (Kshetri ve Voas, 2018). BIM, yapının planlama, tasarım ve inşaat aşamalarını yürütmenin yanı sıra yaşam döngüsü boyunca varlık yönetimi, performans izleme ve değişiklik yönetimini ele alan çok fonksiyonlu bir çalışma alanı sunar. Tüm taraflar arasında sürekli işbirliğini kolaylaştırmak için BIM, çok disiplinli ekipler için veri toplamak, yönetmek ve dağıtmak için proje bilgilerini tek bir havuzda toplayan Ortak Veri Ortamı'nı (CDE) kullanır. (IET Siber Güvenlik Konsorsiyumu Raporu, 2014). Proje yaşam döngüsü boyunca geliştirilecek olan CDE aracılığıyla verilerin denetlenmesi, ve izlenmesini gerektirir. Bu nedenle, bilgi yönetimini ele almak ve veri güvenliğini, kalitesini ve bütünlüğünü korumak için uygun yönetim ve iyileştirme sağlamak hayati önem taşımaktadır (Nawari ve Ravindran, 2019). Mevcut kullanımda, tüm BIM verileri ortak bir veri ortamında elektronik olarak paylaşılır. Tüm proje üyelerinin siber güvenlik kurallarını anlamaları ve bunlara uymaları esastır (Hammi ve Bouras, 2018). BIM aktörleri arasında geleneksel bilgi paylaşımına göre daha az güven sorunu vardır. Bununla birlikte, BIM'in karmaşık işbirliği çerçevesi; işlem sırasında veri sızıntısı, bilgi hırsızlığı ve bilgi koruma açısından güvenlik sorunları yaratır.

Arensman ve Özbek (2012), farklı tarafların katkıda bulunduğu modeldeki bilgilerin güvenliğini sağlamanın zor olduğunu belirtmektedir. Verilerin modele girişini kimin

kontrol edeceği ve içindeki yanlışlıklardan kimin sorumlu olacağı konusu oldukça önemlidir. BIM verilerinin güncellenmesi ve doğruluğunun sağlanması için sorumluluk almak büyük risk taşır. BIM kullanıcıları tarafından karmaşık tazminat talepleri ve tasarımcılar tarafından sınırlı garanti ve sorumluluk reddi teklifleri, BIM teknolojisi kullanılmadan önce çözülmesi gereken temel müzakere noktaları olacaktır. Ayrıca, tasarım ve proje yönetimi sürecinde yeni bir maliyet olan BIM verilerinin belirlenmesi ve gözden geçirilmesi için daha fazla zaman harcanması gerekir (Thomson ve Miner, 2006). Al-Shammari (2014), Seviye 2 BIM modellerinin tasarım ekibi arasındaki aktarım sırasında bozulabileceğini belirtir. Ortaya çıkan bozulmalar taraflar arasında çatışmalara neden olabilir ve tespit edilmesi zordur. Ayrıca Olatunji (2010) verilerin savunmasızlığını ve siber güvenliğin sorumluluğunu vurgulamaktadır. Elektronik dosyalar solucanlara ve virüslere, veri hırsızlığına, gözetlemeye ve korsanlığa karşı hala savunmasızdır (Olatunji, 2011).

BIM iş akışı ile ilgili olarak, genellikle bir model üzerinde aynı anda çalışan birkaç farklı taraf vardır. Bu gibi durumlarda, açık BC uygulamak, gelişmiş iletişim, iş şeffaflığı ve işbirlikçi tasarım süreçleri için fırsatlar sunmak gibi olumlu etkiler getirebilir. Bununla birlikte, inşaat sektörünün mevcut sosyo-ekonomik ortamı, veri hırsızlığı, çelişen menfaatler, bilginin kötüye kullanılması ve tipik bir inşaat projesinde yer alan üçüncü tarafların sayısından kaynaklanan endişeler nedeniyle özel BC uygulamak çoğu BIM projesi için daha gerçekçi bir seçenektir (Nawari ve Ravindran, 2019).

Blockchain teknolojisi, modeldeki tüm değişikliklerin değişmez bir genel kaydını saklayarak tasarım ve inşaat aşamalarında BIM modelindeki değişiklikleri yönetmek ve kaydetmek için yararlı bir araç sağlayabilir (Lohry ve Bodell, 2015). Dahası, bir BIM modelinin veritabanı özellikleriyle birleştirilen blockchain, hayati, görünür ve kalıcı bir “güven kanıtı” zinciri sağlayabilir ve bu da inşaat sektörü ve müşterileri için yeni bir değer yaratabilir (Mathews ve diğ., 2017).

4.3.3 Fikri mülkiyet hakları ve telif hakkı verilerinin paylaşılması

İşbirliği BIM uygulaması için ana itici güçtür (Eadie ve diğ., 2013). BIM süreçlerinin işbirlikçi doğası, çeşitli katılımcılardan çok sayıda katkı yapılmasını ve tasarım ve inşaat çalışmaları boyunca büyük veri setlerinin iletilmesini ve bunlara erişilmesini gerektirir. Buna göre, taraflardan kimin neye sahip olduğu sorusu ortaya çıkar

(Alwash ve diğ., 2017). Sektör profesyonellerinin işbirliği ile ilgili yasal endişeleri sorunlu olmaya devam etmektedir (Bryde ve diğ., 2013). BIM modelinin paylaşılması, tasarım ekibinin ve müşterinin diğer üyelerine bilgi akışını kısıtlamazken, tasarım sürecinde fikirlerin ve tasarımların intihaliyle sonuçlanır. Ohio Eyaleti BIM Protokolü (Devlet Mimar Ofisi 2010), modelin mülkiyeti ile ilgili olarak, bir proje için geliştirilen dijital modellerin ve verilerin proje sahibine ait olduğunu ve verileri Ohio eyaleti yasaları uyarınca izin verilen tarafların kullanabileceğini belirtmektedir. Bryde ve diğerleri, (2013) bu sorunun BIM tarafından üretilen verilerin sahipliğine ve fikri mülkiyet haklarına verilen koruma eksikliğinden kaynaklandığını belirtmektedir.

İnşaat sektöründekilerin, blockchain uygulamalarını düşünürken heyecan duydukları en önemli noktalardan biri fikri mülkiyet haklarının korunması veya lisanslanması ile birlikte gelen idari maliyetleri azaltma şansıdır. Bu konu aynı zamanda BIM uzmanlarının da araştırdığı bir konudur (Belle, 2017). Fikri mülkiyet hakkı sorusunu çözmek, dijitalleşmeyi ve standartlara uyumu hızlandırabilir.

BIM ve Blockchain birleştirilerek, proje modelinde yer alan bilgiler, hatasız, güvenilir ve şeffaf bir veri tabanı içinde saklanabilir ve güncellenebilir. BIM ve Blockchain birlikte kullanılarak tasarımda yapılan her değişikliği doğru bir şekilde kaydetme potansiyeli ile tasarımın içerdiği bilgilerin güvenilirliğine olan güvenin artmasına, telif hakkı ve fikri mülkiyetin daha iyi izlenmesine yardımcı olur. Tasarımda meydana gelebilecek olası bir beklenmedik senaryoda ise tasarıma katkıda bulunanların hesap verebilirliği mümkün olacaktır (Stougiannos ve Magneron, 2018).

BCT, idari maliyetleri önemli ölçüde azaltabilir, fikri mülkiyet haklarını etkili bir şekilde koruyabilir ve hantal evrakları, manuel doğrulamaları ve sözleşme yürütmesini ortadan kaldırabilir. Tasarımları ve fikri mülkiyetleri değerlendirip satarak tasarım profesyonelleri için potansiyel olarak yeni bir gelir akışı oluşturulabilir (Mathews ve diğ., 2016).

4.3.4 Sözleşmesel sorunlar

İnşaat sözleşmeleri, risk, sorumluluk ve ödül dengesini tahsis etmek ve atamak için tasarlanmıştır. Sözleşme şeklinin doğru hale getirilmesi, bir projenin gerçekleştirilmesi için önemli bir ön koşuldur (Tolson, 2007). BIM hala geleneksel

sözleşmeler kadar tartışmalıdır. Bunun nedeni, geleneksel araçlardan başka BIM'i sürdürmek için herhangi bir sözleşme aracı olmaması ve bu araçların krizi hafifletmek veya önlemeye yardımcı olmak için yeterli kapasite gösterememesidir. BIM'de bildirilen yasal ve talep endişelerinin çoğu, sözleşme veya teknik konularla ilgilidir (Alwash ve diğ., 2017) .

BIM geleneksel bir yöntem olmadığından dolayı, geleneksel yöntemlerle BIM'den verimlilik beklemek doğru olmaz. Akıllı sözleşmeler kullanarak, bir proje ekibindeki her bir taraf BIM modeline sadece akıllı sözleşmenin izni altında erişebilir ve operasyonları blok zincirine kaydedilebilir. Bu şekilde sorumluluk ve hak etkin bir şekilde tahsis edilebilir ve bilgi blockchain veritabanına entegre edilebilir (Ye ve diğ., 2018).

Akıllı sözleşmeler yoluyla BIM desteklendiği takdirde; tasarım dosyalarını arşivlemek, model erişimini kontrol etmek, anlaşmaları sağlamak, modeldeki tüm değişiklikleri takip etmek mümkün olacaktır. Ayrıca BIM, akıllı sözleşmeler ve blockchain entegrasyonu, özellikle bileşenlerin takibinin yararlı olduğu ve işin çoğaldığı yerlerde inşaat faaliyetleri ve tesis yönetimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir (Heiskanen, 2017).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Blockchain teknolojisi adını duyurduğu 2008 yılından beri giderek tanınırlığını ve popülaritesini arttıran bir teknoloji haline gelmiştir. Sahip olduğu değişmezlik, şeffaflık, otomasyon, ademi merkeziyetçi yapısı, denetlenebilirlik gibi özellikleri sayesinde birçok endüstrinin sahip olduğu sorunlara çözüm olabilecek potansiyele sahiptir.

Yapılan literatür çalışması sırasında, blockchain ve özellikleri ile ilgili birçok yayın olmasına karşılık, inşaat sektöründe kullanılması ve potansiyel uygulanma alanları hakkındaki yayınların kısıtlı olduğu görülmüştür. Bu tezde, ilk olarak blockchain teknolojisi açıklanmış daha sonra inşaat sektöründeki düşük verimlilik ve buna sebep olan nedenler incelenmiş, son olarak blockchain teknolojinin inşaat sektöründe hangi alanlarda kullanılabileceği ve hangi sorunlara çözüm olabileceği açıklanmaya çalışılmıştır. Bu amaç ışığında blockchain teknolojinin inşaat sektöründe kullanılmasında karşılaşılan destek ve engelleri belirlenmiş, SWOT analizi yapılmış ve inşaat sektöründe blockchain teknolojinin kullanımı ile ilgili detaylı yapılandırılmış literatür analizi hazırlanmıştır.

Tezin giriş kısmında problemin tanımı, yapılan çalışmanın amacı ve araştırma yöntemi açıklanmış, ikinci kısımda blockchain teknolojinin özellikleri, türleri, tarihçesi, çalışma prensibi ile ilgili literatür çalışması yapılmış, üçüncü kısımda blockchain teknolojinin inşaat sektöründe uygulanması incelenmiş ve bu bağlamda inşaat sektöründeki zorluklar ve nedenleri araştırıldıktan sonra yapılandırılmış literatür analizi uygulanmıştır. Araştırma sonucu bulunan 48 adet yayın; ülkelere, türlere, yayıncılara, dergilere göre incelenmiş ve araştırma haritası çıkarılmıştır. Araştırma haritasında birbirinin devamı niteliğinde veya benzer çalışmalar saptanmış ve bu çalışmadaki eksikliklerin model oluşturma ve örnek vaka analizleri olduğu belirlenmiştir. Blockchain teknolojinin özellikle BIM ve akıllı sözleşmelerle inşaat sektörünün verimini artıracak kapasiteye sahip olduğu, IoT konusunda

araştırmaların devam etmesi gerektiği ve blockchain teknolojisini kullanan girişimci firmaların, desteklenmesi gerektiği belirlenmiştir.

Daha sonra blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe uygulama alanları; akıllı sözleşmeler, tedarik zinciri, ekipman kiralama, blockchain tabanlı BIM, atık yönetimi, gayrimenkul yönetimi, enerji yönetimi, sürdürülebilirlik ve tesis yönetimi incelenmiştir. Blockchain teknolojisinin destekleri ve engelleri belirlendikten sonra SWOT analizi yapılmıştır. Dördüncü kısımda ise son zamanlarda inşaat sektöründe popüler olan bir başka konu BIM incelenmiş, sektörde kullanımı ve BIM ile ilgili sorunlar literatürden araştırıldıktan sonra blockchain teknolojisinin çözüm sunabileceği konular incelenmiştir.

Yapılandırılmış literatür çalışmasında anahtar kelimeler incelendiğinde “blockchain” 41 kez, “akıllı sözleşmeler” 25 kez, ve “BIM” 21 kez kullanılmıştır. Buradan yola çıkarak blockchain teknolojisinin çözüm sunabileceği potansiyel alanların daha çok sözleşmesel ve BIM konusunda olacağı çıkarımına varılabilir. Akıllı sözleşmeler ile aracı kurumların aradan çıkarılacağı, otomasyonun sağlanacağı ve karşılıklı güven probleminin ortadan kalkabileceği göz önüne alındığı zaman araştırmaların bu alanda yoğunlaşması gayet makuldür. Ayrıca BIM projelerinde yaşanan tasarım mülkiyeti, veri güvenliği, fikri mülkiyet, telif hakkı ve sözleşmesel sorunların da çözüme ulaşması halinde BIM projelerinden alınan verim yükseleceğinden dolayı blockchain teknolojisinden, BIM projelerine olan beklentinin yüksek olması doğaldır. Ayrıca yapılandırılmış literatür analizine bakıldığında yayınların büyük çoğunluğunun Amerika ve Avrupa’dan çıktığı görölmektedir. 2015 yılından bu zamana kadar olan süreçte en çok yayına 2019 yılında 10 konferans, 12 makale ve 1 rapor ile ulaşılmıştır. Bu durum blockchain teknolojisine olan ilginin arttığını gösterir.

İnşaat sektöründeki potansiyel kullanım alanı akıllı sözleşmelerle birlikte kağıtlar dolusu sözleşmeler yerine bilgisayar kodları kullanılarak, önceden tarafların uzlaştığı şartlar gerçekleştiğinde kendi kendini uygulayabilen bir sistem olarak gelmiştir. 3. tarafların müdahilini en aza indirerek zaman ve para tasarrufu sağlayan bu yenilik, aynı zamanda taraflar arasında eksik olan güven duygusunun oluşmasını sağlar. Öte yandan akıllı sözleşmeler konusunda, blockchain teknolojisini ve sözleşme hukukunu bilen uzmanların eksik olması ve ileriki aşamalarda blockchain uygulamalarının yaygınlaşabilmesi için bu uzmanlara duyulan ihtiyaç bir engel olarak sektördekiilerin karşısına çıkabilir. Bununla birlikte akıllı sözleşmeler ile yapılan ödemelerin

yükleniciler ile alt yükleniciler için avantaj getirebilir ancak işverenin eksik işleri yaptırma sürecinde dezavantaj yaşayabilir.

Blockchain destekli tedarik zinciri ile inşaat sürecinde kullanılan hemen hemen her malzemenin inşa edilinceye kadar tedarik zinciri boyunca şeffaf bir şekilde kaydedildiği ve izlendiği bir sistem mümkün olabilir. Böylece denetlenebilirlik ve şeffaflık ile kalitenin istenilen standartta olması sağlanabilir.

BIM tabanlı projelerin başarıya ulaşmasının yolu yoğun bir işbirliğinden geçer. Blockchain teknolojisi BIM tabanlı projelerde kullanılarak şeffaflık, güven ve işbirliği sağlayabilir. Blockchain teknolojisi ile birlikte aynı zamanda, modeldeki tüm değişiklikler kaydedilebilir, tüm revizyon geçmişi görüntülenebilir, iş bölümü yapılabilir. İş bölümü, BIM uygulama planında zaten bellidir, ancak bir sorun olduğunda blockchainin değişmezlik özelliği ile avantaj sağlanabilir. Böylece olası bir problem durumunda sorumluyu tespit etmek kolaylaşır.

Ayrıca BIM'in; tasarım sahipliği, veri güvenliği, fikri mülkiyet hakları, sözleşmeye bağlı konulardaki problemleri blockchain teknolojisi ile aşılabılır.

Blockchain teknolojisi; inşaat sırasında oluşan atıkları tek bir yönetim ve kayıt sistemi altında birleştirerek atık yönetiminde; arazi ve tapu senetlerini blockchain tabanlı bir sistemde tutarak gayrimenkul yönetiminde; enerji üretiminde ve dağıtımında akıllı şebeke kullanımı ile enerji yönetiminde; hammadde veri tabanı sağlayarak sürdürülebilirlikte; bakım gerektiğinde bina ile ilgili tüm bilgilere sahip olduğu için otomatik iş emri verilebilecek tesis yönetim sisteminde de kullanılabilir.

Blockchain teknolojisinin yapısı incelendikten sonra, onun sektörde benimsenmesine destek ve engel olabilecek özellikleri belirlenmiştir. Destekler ve engeller ile ilgili literatür çalışması gösterilmiş ve sonrasında belirlenen destekler ve engeller açıklanmıştır. Blockchain teknolojisinin destekleri olarak aracısızlık, otomasyon, maliyet azaltma, güven ve belirgin sahiplik belirlenmişken engelleri için; blockchain anlayışı, karmaşık görünen yapısı, başlangıç maliyetleri, depolama sorunu ve gizlilik&güvenlik belirlenmiştir. Gizlilik ve güvenlik konusu engel olarak görülmesine rağmen inşaat sektöründe açık blockchain kullanılmadığı zaman aşılabılır. Literatürde destek olarak belirlenen faktörlerin daha çok blockchain teknolojisinin faydaları veya güçlü yönleri olduğu saptanmıştır. Örneğin maliyet azaltma ve belirgin sahiplik özelliği literatürde blockchain teknolojisinin destekleri

olarak gösterilmesine rağmen aslında teknolojinin faydalarıdır. Özellikle blockchain kullanımının yaygınlaşmasında itici güçlerin neler olabileceği belirlenmelidir.

Yapılan SWOT Analizinde; blockchain teknolojisini cazip hale getiren yapısal özelliklerine baktığımız zaman; ademi merkeziyetçi yapısı nedeniyle bir otoriteye bağlı olmamasını, otomasyon özelliği ile önceden belirlenen şartlara göre sözleşmeyi kendiliğinden uygulamasını, şeffaflık özelliği ile kullanıcılara işlem geçmişini izleme olanağı sağlaması, denetlenebilir olmasıyla yapılan tüm işlemlerin hesap verilebilir olmasını görürüz. Blockchain teknolojisinin otomasyon özelliği hem destek hem de güçlü yönlerinde belirtilmiştir. Destekler ve güçlü yönlerdeki benzerliğin ayrıştırılması gerekmektedir. Blockchain sistemine kaydedilen hiçbir verinin silinmemesi de kötü niyetli teşebbüslerin tespitinde yardımcı olabilir. Buna karşılık yüksek enerji tüketimi, kapasite arttıkça aynı verimde çalışma sorunu, performans ve fikir birliği mekanizmasındaki bazı konular blockchain teknolojisinin zayıf olduğu alanlardır.

Blockchainin diğer teknolojilere göre yeni bir teknoloji olması ve hala hakkında bir çok yanlış ya da eksik bilgi bulunması sebebiyle potansiyel kullanıcıların, bu yeni teknolojiye daha temkinli yaklaşması beklenebilir. Açık blockchain sistemlerinde verilerin güvenli olmasına karşın herkes tarafından görülebilir olması bir başka tehdit olarak algılanabilir. Kripto para birimlerinin kur değerlerindeki değişiklik yatırımcıları düşündürebilir. Kullanıcıların hali hazırda kurmuş oldukları sistemlerinin blockchaine entegre olup olmayacağı belirsizliği kullanıcıları bu teknolojiye yatırım yapmaktan alıkoyabilir. Henüz belirgin bir yasal düzenlemesinin olmaması da kullanıcıları düşündürecek bir başka unsur olabilir.

Blockchain teknolojisi bir takım fırsatları da bünyesinde barındırır. Örneğin teknolojinin inşaat sektöründeki işbirliği ve güven sorununu çözebilecek yapıya sahip olmasının yanı sıra, sektörün giderek artan rekabetçi yapısı nedeniyle blockchain teknolojisini benimseyen küçük-orta ölçekli firmaların diğer büyük ölçekteki firmalarla yarışabilme fırsatı oluşabilir. Günümüzde dijitalleşen dünyada, inşaat sektöründe blockchainin sağlamış olduğu avantajlarla bulunmak, dijitalleşme sürecinde yardımcı olabilir. Ayrıca blockchainin kompleks görünen yapısına kullanıcı dostu uygulamalar hazırlanarak toplumda benimsenmesini kolaylaştırma fırsatı yaratılabilir.

Bu tezin katkısı, blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe benimsenmesi için geniş çaplı yapılandırılmış literatür çalışmasının yapılması, destek ve engellerinin belirlenmesi ve sonucunda SWOT analizinin yapılmasıdır. Araştırma sonuçları aynı zamanda blockchain teknolojsinin inşaat sektöründe uygulanması ile ilgili akademik ve sektörel araştırmaların yetersiz olduğunu göstermektedir. Özellikle blockchain teknolojisinin, sektördeki profesyonellere daha iyi tanıtımı yapılmalı, potansiyel kullanıcıların karşılaştırma yapabilmeleri için pilot projeler veya örnek vaka çalışmalarıyla desteklenmelidir. Öte yandan blockchain teknolojisi uygulandığında verimlilik artışının sayısallaştırılabilmesi için geleneksel yöntemlerle yapılan işlerin de verimliliğinin ölçülmesi gerekmektedir. Blockchain teknolojisinin faydalarının teorik olarak inşaat sektörünün karşılaştığı bazı sorunlara çözüm olabileceği belirlenmiştir. Buna karşılık araştırmalar hala sınırlıdır ve uygulama için çeşitli zorluklar devam etmektedir. Dahası, blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe sosyoekonomik faydasına dair henüz bir kanıt yoktur (Hunhevicz ve Hall, 2019). Özellikle, inşaattaki kullanım durumlarının vaka çalışmaları eksiktir. Ayrıca literatürde nesnelerin interneti (IoT) konusunun blockchain teknolojisi ile olan işbirliği daha detaylı incelenmelidir.

Sonuç olarak blockchain teknolojisi hala inşaat sektörü için oldukça yenidir. Sektörün de yeniliklere karşı korumacı yapısı göz önüne alındığında, blockchain teknolojisinin aniden benimsenmesi beklenmemektedir. Nguyen ve diğ. (2019) tarafından yapılan araştırmaya göre Blockchain teknolojsinin inşaat sektörüne olan adaptasyonu 2025 yılını bulacaktır. Fakat bu durum blockchain teknolojisinin inşaat sektöründeki potansiyelinin göz ardı edilmesini gerektirecek bir durum değildir. Sağlayacağı gizlilik, güven, işbirliği, şeffaflık ve otomasyon gibi özelliklerle blockchain, sektördeki mevcut problemlerin önemli bir kısmına çözüm olma ve verimliliği artırma potansiyelini kendinde barındırmaktadır. Blockchain teknolojisini kullanacak firmaların inşaat sektöründe önümüzdeki yıllarda ciddi bir rekabet avantajı elde edecekleri düşünülmektedir.

Ülkemiz blockchain konusunda Amerika ve Avrupa ülkelerine göre hem araştırma hem de pratik anlamda oldukça geriden gelmektedir. Ülkemizde kamuda, aynı ürünler için ithalat ve ihracat süreçlerinde farklı otoriteler tarafından yürütülen testlerin sonuçlarının paylaşılmasını sağlayacak bir blockchain sistemi ile ilgili bir pilot proje yürütülmektedir (Torunoğlu, 2019). İlerleyen dönemde sahip olduğumuz

dezavantajlı durumu diğer ülkelerin uygulama sırasında karşılaçakları problemlerden ders çıkararak avantajlı hale çevirebilmemiz mümkündür.



KAYNAKLAR

- Abdul-Malak, M.-A., & Khalife, S.** (2017). Classification and Analysis of Notice Requirements for Construction Contract Administration. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 9(3), 04517016.
- Abeyratne, S. A., & Monfared, R. P.** (2016). Blockchain ready manufacturing supply chain using distributed ledger. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 5(9), 1-10.
- Abramova, S., and Böhme, R.** (2016). "Perceived Benefit and Risk as Multidimensional Determinants of Bitcoin Use: A Quantitative Exploratory Study," in ICIS 2016 Proceedings. AIS Electronic Library: Association for Information Systems (AIS).
- AIA National/AIA California Council.** Integrated Project Delivery: A Guide [EB/OL] (Mayıs 2017)
- Al-Saqaf, W., & Seidler, N.** (2017). Blockchain technology for social impact: opportunities and challenges ahead. *Journal of Cyber Policy*, 2(3), 338-354.
- Alreshidi, E., Mourshed, M., & Rezgui, Y.** (2018). Requirements for cloud-based BIM governance solutions to facilitate team collaboration in construction projects. *Requirements engineering*, 23(1), 1-31.
- Al-Shammari, M.** (2014). An appraisal of the protocol that was published by the construction industry council (CIC) to facilitate the use of building information modelling (BIM) on projects. Paper presented at the *Proceedings of the 30th Annual ARCOM Conference*.
- Alwash, A., Love, P. E., & Olatunji, O.** (2017). Impact and Remedy of Legal Uncertainties in Building Information Modeling. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 9(3), 04517005.
- Andre, G. R.** (2011). Building Information Modeling (BIM): *Special Contract Issues. Practice*.
- Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevez, A., & Froese, T.** (2009). Building information modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM?. *International Journal of managing projects in business*.
- Arensman, D. B., & Ozbek, M. E.** (2012). Building information modeling and potential legal issues. *International Journal of Construction Education and Research*, 8(2), 146-156.

- Arshad, M. F., Thaheem, M. J., Nasir, A. R., & Malik, M. S. A.** (2019). Contractual Risks of Building Information Modeling: Toward a Standardized Legal Framework for Design-Bid-Build Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 145(4), 04019010.
- Aste, T., Tasca, P., & Di Matteo, T.** (2017). Blockchain technologies: The foreseeable impact on society and industry. *Computer*, 50(9), 18-28.
- Atkins, J.B. and Mendelson, A.D.** (2013). BIM Me UP, Scotty: Navigating Risk in Digital Practice, published by the AIA Trust.
- Atlam, H. F., Alenezi, A., Alassafi, M. O., & Wills, G.** (2018). Blockchain with Internet of Things: Benefits, challenges, and future directions. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 10(6), 40-48.
- Atzori, M.** (2015). Blockchain technology and decentralized governance: Is the state still necessary? Available at SSRN 2709713.
- Autodesk** (t.y). Erişim: 22 Mart 2019, <http://www.autodesk.com/solutions/bim/overview>
- Azhar, S., Nadeem, A., Mok, J. Y. N., and Leung, B. H. Y.** (2008). "Building information modeling (BIM): A new paradigm for visual interactive modeling and simulation for construction projects." Proc., *First International Conference on Construction in Developing Countries*, Karachi, Pakistan, 435–446.
- Azhar, S.** (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and management in engineering*, 11(3), 241-252.
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T.** (2012). Building information modelling (BIM): now and beyond. *Construction Economics and Building*, 12(4), 15-28.
- Bach, L. M., Mihaljevic, B., & Zagar, M.** (2018). Comparative analysis of blockchain consensus algorithms. In 2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO) (pp. 1545-1550). IEEE.
- Barima, O.** (2017). Leveraging the blockchain technology to improve construction value delivery: the opportunities, benefits and challenges. *Construction Projects*, 93-112.
- Bazjanac, V.** (2006). "Virtual building environments (VBE)—Applying information modeling to buildings."
- Beck, R., Czepluch, J. S., Lollike, N., and Malone, S.** 2016. "Blockchain-the Gateway to Trust-Free Cryptographic Transactions," in ECIS 2016 Proceedings. AIS Electronic Library: Association for Information Systems (AIS).
- Bedrick, J.** (2006). Virtual design and construction: New opportunities for leadership. *The architect's handbook of professional practice update 2006*, 33-45.

- Behera, P., Mohanty, R., & Prakash, A.** (2015). Understanding construction supply chain management. *Production Planning & Control*, 26(16), 1332-1350.
- Belle, I.** (2017). The architecture, engineering and construction industry and blockchain technology. *Digital Culture*, 2017, 279-284.
- Biswas, K., & Muthukkumarasamy, V.** (2016). Securing smart cities using blockchain technology. In *2016 IEEE 18th international conference on high performance computing and communications; IEEE 14th international conference on smart city; IEEE 2nd international conference on data science and systems (HPCC/SmartCity/DSS)* (pp. 1392-1393). IEEE.
- Bitinfocharts** (2020). Size of the Bitcoin blockchain from 2010 to 2020, Erişim: 17 Nisan 2020, <https://www.statista.com/statistics/647523/worldwide-bitcoin-blockchain-size/>
- Bondi, A. B.** (2000). Characteristics of scalability and their impact on performance. In *Proceedings of the 2nd international workshop on Software and performance* (pp. 195-203).
- Building Information Modelling (BIM): Addressing the Cyber Security Issues**, Institution of Cyber Security (IET) Consortium Report: London, UK, 2014
- BlockchainHub.** "Blockchains & Distributed Ledger Technologies. Erişim: 16 Ekim 2019, "https://blockchainhub.net/blockchains-and-distributed-ledger-technologies-in-general.
- Boucher, P.** (2017). How blockchain technology could change our lives: In-depth analysis. European Parliament.
- Brakeville, S., & Perepa, B.** (2016). Blockchain basics: Introduction to business ledgers. Issued by IBM Corporation.
- Brainard, L.** (2016). The use of distributed ledger technologies in payment, clearing and settlement. Remarks at Institute of International Finance Blockchain Roundtable.
- Bryde, D., Broquetas, M., & Volm, J. M.** (2013). The project benefits of building information modelling (BIM). *International journal of project management*, 31(7), 971-980.
- Bui, N., Merschbrock, C., & Munkvold, B. E.** (2016). A review of Building Information Modelling for construction in developing countries. *Procedia Engineering*, 164, 487-494.
- Cannistrato, J.C.** (2009). How much does BIM save? The industry's toughest question finally gets an answer. [http://www.cannistraro.com/Newsletter%20Q3%2009\(final\).pdf](http://www.cannistraro.com/Newsletter%20Q3%2009(final).pdf)
- Carbasha, T.** (2008). Integrated Project Delivery Improves Efficiency, Streamlines Construction. Lean Management Approach Eliminates Waste and Enhances Project Outcome.
- Cardeira, H.** (2015). Smart contracts and their applications in the construction industry. In: *Romanian Construction Law Review*.

- Carmona, J., and Irwin, K.** (2007). "BIM: Who, what, how and why." Building Operating Management.
- Changali, S., Mohammad, A., & van Nieuwland, M.** (2015). The construction productivity imperative. How to build megaprojects better.,McKinsey Quarterly.
- Chen, G., Xu, B., Lu, M., & Chen, N. S.** (2018). Exploring blockchain technology and its potential applications for education. Smart Learning Environments, 5(1), 1.
- Chen, W., Wang, J., & Wang, C.** (2020). Study of Risk Evaluation for Complex Projects under BIM and IPD Collaborative Pattern Based on Neighborhood Rough Sets. Tehnički vjesnik, 27(2), 444-449.
- Chien, K.-F., Wu, Z.-H., & Huang, S.-C.** (2014). Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study. Automation in Construction, 45, 1-15.
- Chowdhury, N.** (2019). Inside Blockchain, Bitcoin, and Cryptocurrencies. CRC Press.
- Christidis, K.; Devetsikiotis, M.** (2016) Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. IEEE, 2292–2303.
- Christopher, C. M.** 2014. "Whack-a-Mole: Why Prosecuting Digital Currency Exchanges Won't Stop Online Laundering," Lewis & Clark L. Rev. 18, pp. 20-25.
- Christopher, M.** (1992). Logistics and supply chain management: Financial Times/Irwin Professional Pub.
- Cicmil, S., Marshall, D.,** 2005. Insights into collaboration at the project level: complexity, social interaction and procurement mechanisms. Building Research & Information 33 (6), 523–535.
- Cocco, L., Pinna, A., & Marchesi, M.** (2017). Banking on blockchain: Costs savings thanks to the blockchain technology. Future Internet, 9(3), 25.
- Committee, S. Quality in the Constructed Project: a Guide for Owners, Designers and Constructors.**
- Construction Contract Administration.** (2012). In Quality in the Constructed Project (pp. 169-182).
- Council, C. I.** (2013). Building information model (BIM) protocol. Construction Industry Council, London.
- Coyne, R., & Onabolu, T.** (2018). Blockchain for architects: challenges from the sharing economy. Arq: Architectural Research Quarterly, 21(4), 369-374.
- CRC Construction Innovation.** (2007). Adopting BIM for facilities management: Solutions for managing the Sydney Opera House, Cooperative Research Center for Construction Innovation, Brisbane, Australia.
- Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V.** (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin. Applied Innovation, 2(6-10), 71.
- Dahlquist, O., & Hagström, L.** (2017). Scaling blockchain for the energy sector.

- Dakhli, Z., Lafhaj, Z., & Mossman, A.** (2019). The Potential of Blockchain in Building Construction. *Buildings*, 9(4), 77.
- Danuri, M. M., Munaaim, M. C., Rahman, H. A., & Hanid, M.** (2006). Late and non-payment issues in the Malaysian Construction Industry- Contractor's perspective. Paper presented at the *International Conference on Construction, Culture, Innovation and Management (CCIM)*.
- Davies, S.** (2018). PwC Global Blockchain Survey -Blockchain is here. What's your next move?
- Dhillon, V., Metcalf, D., Hooper, M.** 2017, *Blockchain Enabled Applications: Understand the Blockchain Ecosystem and How to Make It Work for You*, Apress L. P, Secaucus;New York
- Di Giuda, G. M., Pattini, G., Seghezzi, E., Schievano, M., & Paleari, F.** (2020). The Construction Contract Execution Through the Integration of Blockchain Technology. In *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment* (pp. 27-36). Springer, Cham.
- Digiconomist.** Bitcoin Energy Consumption Index. Erişim: 22 Nisan 2019, <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>.
- Dobrovnik, M., Herold, D. M., Fürst, E., & Kummer, S.** (2018). Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start. *Logistics*, 2(3), 18.
- Dorri, A., Kanhere, S. S., & Jurdak, R.** (2016). Blockchain in internet of things: challenges and solutions. arXiv preprint arXiv:1608.05187.
- Dounas, T., & Lombardi, D.** (2018)A CAD-Blockchain Integration Strategy for Distributed Validated Digital Design.
- Drescher, D.** (2017), *Blockchain basics: a non-technical introduction in 25 steps*, 1st edn, Apress, Berkeley, California.
- Dujak, D., & Sajter, D.** (2019). Blockchain applications in supply chain. In *SMART supply network* (pp. 21-46): Springer.
- Eadie, R., McLernon, T., & Patton, A.** (2015). An investigation into the legal issues relating to building information modelling (BIM). *Proceedings of RICS COBRA AUBEA 2015*.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., and Liston, K.** (2008). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*, Wiley, New York.
- Egelund-Müller, B., Elsmann, M., Henglein, F., and Ross, O.** 2017. "Automated Execution of Financial Contracts on Blockchains," *Business & Information Systems Engineering*: Vol. 59: Iss. 6, 457-467.
- Elghaish, F., Abrishami, S., & Hosseini, M. R.** (2020). Integrated project delivery with blockchain: An automated financial system. *Automation in Construction*, 114, 103182.
- Eyal, I.** (2015) "The miner's dilemma," *Proc. - IEEE Symp. Secur. Priv.*, vol. 2015–July, pp. 89–103

- Fabris, P.** (2010). BIM for home builders. Professional Builder Magazine.<
<http://www.probuilder.com/bim-home-builders>>[20.09.2018].
- Fitriawijaya, A., & Hsin-Hsuan, T.** (2019). A Blockchain Approach to Supply Chain Management in a BIM-Enabled Environment.
- Ford, S., Aouad, G., Kirkham, J., Brandon, P., Brown, F., Child, T., Cooper, G., Oxman, R., Young, B.,** 1995. An information engineering approach to modelling building design, *Automation in Construction* 4(1), pp. 5-15.
- Foroglou, G., & Tsilidou, A.-L.** (2015). Further applications of the blockchain. Paper presented at the *12th Student Conference on Managerial Science and Technology*.
- Gatteschi, V., Lamberti, F., Demartini, C., Pranteda, C., & Santamaría, V.** (2018). Blockchain and smart contracts for insurance: Is the technology mature enough? *Future Internet*, 10(2), 20.
- Gaur, A., & Zhiwen, L.** (2018). Blockchain "Unwrapped for non techies": Notion Press.
- Gervais, A., Karame, G. O., Wüst, K., Glykantzis, V., Ritzdorf, H., & Capkun, S.** (2016). On the security and performance of proof of work blockchains. In *Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC conference on computer and communications security* (pp. 3-16).
- Goh, K. C., Teoh, T. Y., Goh, H. H., Bilal, K., & Chai, C. S.** (2019). Blockchain Potentials In Enhancing Construction Stakeholders Collaboration. *MCRJ Special Issue Vol. 7 | No. 2*, 177-189.
- Göbel, J., & Krzesinski, A. E.** (2017, November). Increased block size and Bitcoin blockchain dynamics. In *2017 27th International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Gramoli, V.** (2016, July). On the danger of private blockchains. In *Workshop on Distributed Cryptocurrencies and Consensus Ledgers (DCCL'16)*.
- Greenwood, D., Lewis, S., & Lockley, S.** (2010). Contractual issues in the total use of building information modelling.
- Grilo, A., Jardim-Goncalves, R.,** 2010. Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments. *Automation in Construction* 19 (5), 522–530.
- Group, B.** (2018). Blockchain-feasibility and opportunity assessment. In.
- Guegan, D.** (2017). Public blockchain versus private blockchain.
- Gu, N., & London, K.** (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automation in construction*, 19(8), 988-999.
- Guo, Y., & Liang, C.** (2016). Blockchain application and outlook in the banking industry. *Financial Innovation*, 2(1), 24.
- Gupta, M.** 2017. *Blockchain For Dummies*, IBM Limited Edition. [E-book]. Erişim: 17 Mart 2019, <https://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=XIM12354USEN>.

- Gürbüz, A.** (2019).Yapı Mühendisliğinde Blok Zinciri Uygulamaları. *Sciennovation*, 1(1), 26-31.
- Hamdi, O., & Leite, F.** (2014). Conflicting side of building information modeling implementation in the construction industry. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 6(3), 03013004.
- Hamida, E. B., Brousmiche, K. L., Levard, H., & Thea, E.** (2017). Blockchain for enterprise: overview, opportunities and challenges.
- Hammi, A. and Bouras, A.** (2018). —Towards Safe-BIM Curricula Based on the Integration of Cybersecurity and Blockchains Features.‖ *In: Proceedings of INTED2018 Conference, 5th – 7th March 2018, Valencia, Spain* . p. 2380-2388
- Hamil, S.** (2011). The top 10 BIM questions.
- Hardin, B.** (2009). BIM and Construction Management: proven Tools, Methods, and Workflows‖ Wiley Publishing Inc. Indianapolis, Indiana.
- Hawlitshchek, F., Notheisen, B., & Teubner, T.** (2018). The limits of trust-free systems: A literature review on blockchain technology and trust in the sharing economy. *Electronic commerce research and applications*, 29, 50-63.
- Heiskanen, A.** (2017). The technology of trust: How the Internet of Things and blockchain could usher in a new era of construction productivity. *Construction Research and Innovation*, 8(2), 66-70.
- Higgins, S.** (2016). Republic of Georgia to Develop Blockchain Land Registry. *CoinDesk* (Web Page, 22 April 2016).
- Higgins, S.** (2017). From \$900 to \$20,000: Bitcoin’s historic 2017 price run revisited. *CoinDesk*, December, 29.
- Hijazi, A. A., Perera, S., Alashwal, A., & Calheiros, R. N.** (2019). Blockchain Adoption in Construction Supply Chain: A Review of Studies Across Multiple Sectors. In presented at the *CIB World Building Congress*.
- Hughes, L., Dwivedi, Y. K., Misra, S. K., Rana, N. P., Raghavan, V., & Akella, V.** (2019). Blockchain research, practice and policy: Applications, benefits, limitations, emerging research themes and research agenda. *International Journal of Information Management*, 49, 114-129.
- Hultgren, M., & Pajala, F.** (2018). Blockchain technology in construction industry: Transparency and traceability in supply chain.
- Iansiti, M., & Lakhani, K. R.** (2017). The truth about blockchain. *Harvard Business Review*, 95(1), 118-127.
- Ilozor, B. D., & Kelly, D. J.** (2012). Building information modeling and integrated project delivery in the commercial construction industry: A conceptual study. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 2(1), 23-36.
- Jacobsson, M., Linderöth, H.C.J., and Rowlinson, S.** (2017). The role of industry: an analytical framework to understand ICT transformation within the

AEC industry. *Construction management and economics*, 35 (10), pp. 611–626.

- Jamal, K. A. A., Mohammad, M. F., Hashim, N., Mohamed, M. R., & Ramli, M. A.** (2019). Challenges of Building Information Modelling (BIM) from the Malaysian Architect's Perspective. Paper presented at the *MATEC Web of Conferences*.
- Jesus, E. F., Chicarino, V. R., de Albuquerque, C. V., & Rocha, A. A. D. A.** (2018). A survey of how to use blockchain to secure internet of things and the stalker attack. *Security and Communication Networks*, 2018.
- J.J. Hunhevicz, D.M. Hall.** (2019) Managing mistrust in construction using DLT: a review of use-case categories for technical decisions, in: 2019 EC3 Conf. Greece, pp. 100–109 <https://doi.org/10.35490/EC3.2019.171>.
- Johansson, J., Nilsson, C.** (2018). How the blockchain technology can enhance sustainability for contractors within the construction industry
- Jones, B.** (2014). Integrated project delivery (IPD) for maximizing design and construction considerations regarding sustainability. *Procedia Engineering*, 95(1), 528-538.
- Joseph Garcia, A., Mollaoglu, S., & Syal, M.** (2018). Implementation of BIM in Small Home-Building Businesses. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 23(2), 04018007.
- Kadefors, A.**, 2004. Trust in project relationships—inside the black box. *International Journal of Project Management* 22 (3), 175–182
- Kensek, K. M.** (2014). *Building information modeling*: Routledge.
- Kent, D.C. and Becerik-Gerber, B.** (2010). Understanding Construction Industry Experience and Attitudes Toward Integrated Project Delivery, *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(8), 815-825. doi:10.1061(ASCE)CO.1943-7862.0000188
- Kewell, B., Adams, R., & Parry, G.** (2017). Blockchain for good?. *Strategic Change*, 26(5), 429-437.
- Khemlani, L., Papamichael, K., and Harfmann, A.** (2006). “The potential of digital building modeling.”
- Kifokeris, D., & Koch, C.** (2019). Blockchain in construction logistics: state-of-art, constructability, and the advent of a new digital business model in Sweden.
- Kim, H. M., & Laskowski, M.** (2018). Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 25(1), 18-27.
- Kinnaird, C., Geipel, M., & Bew, M.** (2017). Blockchain Technology, How the Inventions Behind Bitcoin are Enabling a Network of Trust for the Built Environment. Arup report <https://www.arup.com/-/media/arup/files/.../arup--blockchain-technology-report.pdf>, Accessed December, 20, 2017.

- Kiviniemi, A., & Codinhoto, R.** (2014). Challenges in the implementation of BIM for FM—Case Manchester Town Hall complex. In *Computing in Civil and Building Engineering* (2014) (pp. 665-672).
- Koç, K., & Gürgün, A.** (2020). Drivers for Construction Stakeholders to Adopt Smart Contracts.
- Konstantopoulos, G.** (2017). Understanding Blockchain Fundamentals, Part 2: Proof of Work & Proof of Stake. Medium. December, 8.
- Koushik, A. S., Jain, B., Menon, N., Lohia, D., & Chaudhari, S.** (2019, May). Performance Analysis of BlockChain-based Medical Records Management System. In *2019 4th International Conference on Recent Trends on Electronics, Information, Communication & Technology (RTEICT)* (pp. 985-989). IEEE.
- Koutsogiannis A. and Berntsen N.** (2019) Erişim: 22 Nisan 2020, “Blockchain and construction: the how, why and when,” BIMPlus, 2019. <http://www.bimplus.co.uk/people/blockchain-and-construction-how-why-and-when/>
- Kshetri, N.** (2017). Will blockchain emerge as a tool to break the poverty chain in the Global South?. *Third World Quarterly*, 38(8), 1710-1732.
- Kshetri, N., & Voas, J.** (2018). Blockchain in developing countries. *IT Professional*, 20(2), 11-14.
- Kuo, T.-T., Kim, H.-E., & Ohno-Machado, L.** (2017). Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 24(6), 1211-1220.
- Lamb, K.** (2018). Blockchain and Smart Contracts: What the AEC sector needs to know.
- Lamport, L., Shostak, R., & Pease, M.** (1982). The Byzantine Generals Problem *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, vol. 4 no. 3 pp. 382-401.
- Lancaster, F.D. and Tobin, J.** (2010). Integrated Project Delivery: Next Generation BIM for Structural Engineering. *2010 Structural Congress, ASCE*.
- Larson, D. A., & Golden, K. A.** (2007). Entering the brave, new world: An introduction to contracting for building information modeling. *Wm. Mitchell L. Rev.*, 34, 75.
- Laurence, T.** (2017), Blockchain, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Lauslahti, K., Mattila, J., & Seppala, T.** (2017). Smart Contracts—How will blockchain technology affect contractual practices? *Eula Reports*(68).
- Lavikka, R., Kallio, J., Casey, T. and Airaksinen, M** (2018). Digital disruption of the AEC industry: technology-oriented scenarios for possible future development paths, *Construction Management and Economics*, <https://doi.org/10.1080/01446193.2018.1476729>
- Lee, C.,** (2008). BIM: Changing the AEC Industry. *PMI Global Congress* . Project Management Institute, Denver, Colorado, USA.

- Levine, M.** (2017). Cargo blockchains and Deutsche bank. Erişim: 14 Ocak 2019, <https://www.bloomberg.com/view/articles/2017-03-06/cargo-blockchains-and-deutsche-bank>
- Lévy, F.** (2011). BIM in small-scale sustainable design: John Wiley & Sons.
- Lewis, A., Larsen, M., & Goh, C.** (2016). Understanding Blockchain Technology And What It Means for Your Business. Asian Insights Office• DBS Group Research.
- Lewis, R., McPartland, J., & Ranjan, R.** (2017). Blockchain and financial market innovation. *Economic Perspectives*, 41(7), 1-17.
- Li, J., Greenwood, D., & Kassem, M.** (2019). Blockchain in the built environment and construction industry: A systematic review, conceptual models and practical use cases. *Automation in Construction*, 102, 288-307.
- Li, J., Kassem, M., Ciribini, A. L. C., & Bolpagni, M.** (2019). A proposed approach integrating DLT, BIM, IOT and smart contracts: Demonstration using a simulated installation task. In *International Conference on Smart Infrastructure and Construction 2019 (ICSIC) Driving data-informed decision-making* (pp. 275-282). ICE Publishing.
- Li, Y., Zhang, X., Ding, G., & Feng, Z.** (2016). Developing a quantitative construction waste estimation model for building construction projects. *Resources, Conservation and Recycling*, 106, 9-20.
- Linderoth, H.C.J.** (2016). From visions to practice – the role of sensemaking, institutional logic and pragmatic practice. *Construction Management and Economics*, 35 (6), pp. 324–337.
- Lip, E.** (2012). Building Information Modelling-Key Contractual Perspectives. KPK Research.
- Liu, X.; Zhao, M.; Li, S.; Zhang, F.; Trappe, W.** (2017) A Security Framework for the Internet of Things in the FutureInternet Architecture. *Future Internet*,
- Liu, Z., Jiang, L., Osmani, M., & Demian, P.** (2019). Building Information Management (BIM) and blockchain (BC) for sustainable building design information management framework. *Electronics*, 8(7), 724.
- Lo, S. K., Xu, X., Chiam, Y. K., & Lu, Q.** (2017). Evaluating suitability of applying blockchain. Paper presented at the *2017 22nd International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS)*.
- Lohry M, Bodell B** (2015). Blockchain enabled co-housing. <https://medium.com/@MatthewLohry/blockchain-enabled-co-housingde48e4f2b441#oejyrsuy>, 2017–2–28
- Lokshina, I. V., Greguš, M., & Thomas, W. L.** (2019). Application of Integrated Building Information Modeling, IoT and Blockchain Technologies in System Design of a Smart Building. *Procedia Computer Science*, 160, 497-502.
- Lu, Q., & Xu, X.** (2017). Adaptable blockchain-based systems: A case study for product traceability. *IEEE Software*, 34(6), 21-27.

- Luthra, A.** (2010). Implementation of building information modeling in architectural firms in India.
- Maciel, A.** (2020). Use of blockchain for enabling Construction 4.0. In *Construction 4.0: An Innovation Platform for the Built Environment*. London: Taylor & Francis, Routledge.
- Mainelli, M., & Smith, M.** (2015). Sharing ledgers for sharing economies: an exploration of mutual distributed ledgers (aka blockchain technology). *Journal of Financial Perspectives*, 3(3).
- Manderson, A., Jefferies, M., & Brewer, G.** (2015). Building information modelling and standardised construction contracts: a content analysis of the GC21 contract. *Construction Economics and Building*, 15(3), 72-84.
- Martinovic, I., Kello, L., & Sluganovic, I.** (2017). *Blockchains for Governmental Services: Design Principles, Applications, and Case Studies*. Centre for Technology and Global Affairs, University of Oxford.
- Mason, J.** (2017). Intelligent contracts and the construction industry. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 9(3), 04517012.
- Mason, J.** (2019). BIM fork: Are smart contracts in construction more likely to prosper with or without BIM?. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 11(4), 02519002.
- Mathews, M., Robles, D., & Bowe, B.** (2017). BIM+ blockchain: A solution to the trust problem in collaboration?
- Maupin, J.** (2017). The G20 countries should engage with blockchain technologies to build an inclusive, transparent, and accountable digital economy for all (No. 2017-48). *Economics Discussion Papers*.
- Maurer, I.** (2010). How to build trust in inter-organizational projects: the impact of project staffing and project rewards on the formation of trust, knowledge acquisition and product innovation. *International Journal of Project Management* 28 (7), 629–637.
- McGraw Hill**, (2013) The business value of BIM: getting to the bottom line, <http://www.bim.construction.com/research/2009>.
- McGraw-Hill Construction**. (2012). The business value of BIM in North America: Multi-year trend analysis and user ratings (2007-2012), McGraw-Hill, Bedford, MA.
- McNamara, A., & Sepasgozar, S. M.** (2018). Barriers and drivers of Intelligent Contract implementation in construction. *Management*, 143, article-number.
- McNamara, A. J., & Sepasgozar, S. M.** (2020). Developing a theoretical framework for intelligent contract acceptance. *Construction Innovation*.
- McPartland, R.** (2014). Erişim: 12 Eylül 2018, BIM Levels explained. Tilgjengelig fra: <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levelsexplained>.

- Mendling, J., I. Weber, W. van der Aalst, J. V. Brocke, C. Cabanillas, F. Daniel, and S. Dustdar.** 2017. "Blockchains for Business Process Management-Challenges and Opportunities." *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)* 9 (1): 1–16.
- Mengelkamp, E., Notheisen, B., Beer, C., Dauer, D., and Weinhardt, C., A** Blockchain-Based Smart Grid: Towards Sustainable Local Energy Markets, *Computer Science - Research and Development*, 33(1–2), 207–214, 2018.
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G.** (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business logistics*, 22(2), 1-25.
- MetaMask.** (2017) Erişim: 22 Nisan 2020, <https://metamask.io/>.
- Michelman, P.** (2017). Seeing beyond the blockchain hype. *MIT Sloan Management Review*, 58(4), 17.
- Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L.** (2013). The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation. *Procedia Engineering*, 57, 767 774. doi:10.1016/j.proeng.2013.04.097
- Miraz, M. H., & Ali, M.** (2018). Blockchain enabled enhanced IoT ecosystem security. In *International Conference for Emerging Technologies in Computing* (pp. 38-46). Springer, Cham.
- Mirzayi, S., & Mehrzad, M.** (2017). Bitcoin, an SWOT analysis. Paper presented at the *2017 7th International Conference on Computer and Knowledge Engineering (ICCKE)*.
- Mohd Nawi, M. N., Baluch, N. H., & Bahaudin, A. Y.** (2014). Impact of fragmentation issue in construction industry: An overview. Paper presented at *the MATEC web of conferences*.
- Morabito, V.** (2017). *Business innovation through blockchain*. Cham: Springer International Publishing.
- Mougayar, W.** 2016. *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. Hoboken: John Wiley& Sons.
- Nakamoto, S.** (2008). Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system
- Nanayakkara, S., Perera, S., & Senaratne, S.** (2019). Stakeholders' Perspective on Blockchain and Smart Contracts Solutions for Construction Supply Chains. Paper presented at the *CIB World Building Congress*.
- Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S.** (2016). Bitcoin and cryptocurrency technologies. In: s Princeton University Press.
- Nawari, N. O., & Ravindran, S.** (2019). Blockchain technology and BIM process: Review and potential applications. *ITcon*, 24, 209-238.
- Nawari, N. O., & Ravindran, S.** (2019). Blockchain Technologies in BIM Workflow Environment. In *Computing in Civil Engineering 2019: Visualization, Information Modeling, and Simulation* (pp. 343-352). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.

- Nehaï, Z., & Guerard, G.** (2017, May). Integration of the blockchain in a smart grid model. In *Proceedings of the 14th International Conference Of Young Scientists On Energy Issues (CYSENI 2017), Kaunas, Lithuania* (pp. 25-26).
- NewGenApps.** (2018) "10 Potential Blockchain Platforms to Watch Out in Erişim: 23 Nisan 2019, "<https://www.newgenapps.com/blog/10-blockchain-platforms-to-watch-out-in-2018>.
- Nguyen, B., Buscher, V., Cavendish, W., Gerber, D., Leung, S., Krzyzaniak, A., Robinson, R., Burgess, J., Proctor, M., O'Grady, K., & Flapper, T.** (2019) *Blockchain and the Built Environment*. Arup, London, UK
- Niranjanamurthy, M., Nithya, B., & Jagannatha, S.** (2019). Analysis of blockchain technology: pros, cons and SWOT. *Cluster Computing*, 22(6), 14743-14757.
- Nizamuddin, N., Hasan, H., Salah, K., & Iqbal, R.** (2019). Blockchain-based framework for protecting author royalty of digital assets. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44(4), 3849-3866.
- Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., & Schiereck, D.** (2017). Blockchain. *Business & Information Systems Engineering*, 59(3), 183-187.
- Nomura Research Institute.** (2016) "Survey on Blockchain Technologies and Related Services," Nomura Research Institute,.
- Norros, O., & Hemmo, M.** (2006). *Sopimusoikeuden oppikirja*: Talentum.
- Notheisen, B., Cholewa, J. B., and Shanmugam, A. P.** (2017a). "Trading Real-World Assets on Blockchain - An Application of Trust-Free Transaction Systems in the Market for Lemons," *Business & Information Systems Engineering*: Vol. 59: Iss. 6, 425-440.
- Ober, M., Katzenbeisser, S., & Hamacher, K.** Structure and anonymity of the bitcoin transaction graph. *Future Internet* 5 (2), 237–250 (2013). In.
- Ogunsanmi, O., Salako, and Ajayi, O.** (2011). Risk Classification Model for Design and Build Projects. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 1(1), 46-60.
- Ohio, D.** (2010). State of Ohio building information modeling protocol. Ohio Department of Administrative Services.
- Ojo, A., & Adebayo, S.** (2017). Blockchain as a next generation government information infrastructure: a review of initiatives in D5 countries. In *Government 3.0—Next Generation Government Technology Infrastructure and Services* (pp. 283-298): Springer.
- Olatunji, O. A.** (2011). A preliminary review on the legal implications of BIM and model ownership.
- Ølnes, S., Ubacht, J., & Janssen, M.** (2017). Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing.
- Otte, P., de Vos, M., & Pouwelse, J.** (2020). TrustChain: A Sybil-resistant scalable blockchain. *Future Generation Computer Systems*, 107, 770-780.

- Ozorhon, B., & Karahan, U.** (2016). Critical success factors of building information modeling implementation. *Journal of management in engineering*, 33(3), 04016054.
- Palfreyman, J.** (2015). Blockchain for government. IBM Government Industry Blog. Erişim: 12 Ağustos 2019, <https://www.ibm.com/blogs/insights-on-business/government/blockchain-forgovernment>.
- Pandey, A., Shahbodaghlou, F., & Burger, J.** Legal and Contractual Challenges of Building Information Modeling—Designers’ Perspectives. Paper presented at the *Construction Research Congress 2016*.
- Pass, R., & Shi, E.** (2017). Hybrid consensus: Efficient consensus in the permissionless model. In 31st International Symposium on Distributed Computing (DISC 2017). Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum fuer Informatik.
- Peck, M.** (2016). A blockchain currency that beats bitcoin on privacy [news]. *IEEE Spectrum*, 53(12), 11-13.
- Penzes, B.** (2019). Blockchain Technology in the Construction Industry. Institution of Civil Engineers, One Great George Street, Westminster, London.
- Perera, S., Ingirige, B., Ruikar, K., & Obonyo, E.** (2017). *Advances in Construction ICT and e-Business*: Taylor & Francis.
- Perera, S., Nanayakkara, S., Rodrigo, M. N. N., Senaratne, S., & Weinand, R.** (2020). Blockchain Technology: Is it Hype or Real in the Construction Industry?. *Journal of Industrial Information Integration*, 100125.
- Pilkington M.** (2015) Blockchain Technology: Principles and Applications, volume 35(39). *Research Handbook on Digital Transformations*.
- Podvezko, V., Mitkus, S., & Trinkūniene, E.** (2010). Complex evaluation of contracts for construction. *Journal of Civil Engineering and Management*, 16(2), 287-297.
- Porwal, A., & Hewage, K. N.** (2013). Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in construction*, 31, 204-214.
- Ramachandra, T., & Rotimi, J.** (2011). The nature of payment problems in the New Zealand construction industry.
- Ratnasabapathy, S., Perera, S., Alashwal, A. M., & Lord, O.** (2019). Assessment of Waste Generation and Diversion Rates in Residential Construction Projects in Australia. Paper presented at the *CIB World Building Congress*.
- Redmond, A., Hore, A., Alshaw, M., West, R.** (2012): Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM. *Autom. Constr.* 24, 175–183
- Reid, F., & Harrigan, M.** (2013). An analysis of anonymity in the bitcoin system. In *Security and privacy in social networks* (pp. 197-223): Springer.
- Rennock, M., Cohn, A., & Butcher, J.** (2018). Blockchain Technology and Regulatory Investigations. *Practical Law Litigation*, 35-44.

- Risius, M., & Spohrer, K.** (2017). A Blockchain Research Framework. *Business & Information Systems Engineering*, 59 (6), 385–409.
- Rodrigo, M., Perera, S., Senaratne, S., & Jin, X.** (2018). Blockchain for construction supply chains: a literature synthesis. Paper presented at the Proceedings of the 11th International Cost Engineering Council (ICEC) *World Congress & the 22nd Annual Pacific Association of Quantity Surveyors Conference*, 18-20 November 2018, Sydney, Australia.
- Ross, D. F.** (2015). *Distribution Planning and control: managing in the era of supply chain management*: Springer.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L.** (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7), 2117-2135.
- Sadhya, V., & Sadhya, H.** (2018). Barriers to Adoption of Blockchain Technology.
- San, K. M., Choy, C. F., & Fung, W. P.** (2019). The Potentials and Impacts of Blockchain Technology in Construction Industry: A Literature Review. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 495, No. 1, p. 012005). IOP Publishing.
- Savelyev, A.** (2018). Copyright in the blockchain era: Promises and challenges. *Computer law & security review*, 34(3), 550-561.
- Sebastian N.** (2019) Erişim: 16 Nisan 2020, “The Ultimate Research on Blockchain Development for Businesses-GoodFirmsSurvey <https://www.goodfirms.co/resources/blockchain-development-research>
- Seibold, S. and Samman, G.** (2016) Consensus - Immutable agreement for the Internet of value. KPMG.
- Schaufelberger, J. E., & Migliaccio, G. C.** (2019). *Construction equipment management*: Routledge.
- Shojaei, A. L. I. R. E. Z. A.** (2019). Exploring applications of blockchain technology in the construction industry. *Interdependence Between Structural Engineering and Construction Management*.
- Shojaei, A., Flood, I., Moud, H. I., Hatami, M., & Zhang, X.** (2019). An Implementation of Smart Contracts by Integrating BIM and Blockchain. In *Proceedings of the Future Technologies Conference* (pp. 519-527). Springer, Cham.
- Singh, S., & Ashuri, B.** (2019). Leveraging Blockchain Technology in AEC Industry during Design Development Phase. In *Computing in Civil Engineering 2019: Visualization, Information Modeling, and Simulation* (pp. 393-401). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Singh, S., & Singh, N.** (2016). Blockchain: Future of financial and cyber security. Paper presented at *the 2016 2nd international conference on contemporary computing and informatics (IC3I)*.

- Smith, D. K., Tardif, M.**, 2009. Building Information Modeling: A Strategic Implementation Guide For Architects, Engineers, Constructors, And Real Estate Asset Managers. John Wiley & Sons, p. 216.
- Srinivas, V., Dillon, D., & Zagone, R.** (2014). Bitcoin: The new gold rush. Deloitte Center for Financial Services.
- Staples, M., Chen, S., Falamaki, S., Ponomarev, A., Rimba, P., Tran, A. B., ... & Zhu, J.** (2017). Risks and opportunities for systems using blockchain and smart contracts. Data61. CSIRO), Sydney.
- Status** (2017) Erişim: 22 Nisan 2020, A Mobile Ethereum OS. <https://status.im/>
- Stougiannos, L., & Magneron, A.** (2018). BIM, Blockchain and the Smart Construction Contract. Mondaq Business Briefing U6.
- Sun, J., Yan, J., & Zhang, K. Z.** (2016). Blockchain-based sharing services: What blockchain technology can contribute to smart cities. *Financial Innovation*, 2(1), 1-9.
- Swan, M.** (2015). Blockchain: Blueprint for a new economy: " O'Reilly Media, Inc."
- Szabo, N.** (1994). Smart contracts. Unpublished manuscript.
- Tapscott, D., & Tapscott, A.** (2016). Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world. Penguin.
- Tezel, A., Papadonikolaki, E., Yitmen, I., & Hilletofth, P.** (2019). Preparing Construction Supply Chains for Blockchain: An Exploratory Analysis. *In CIB World Building Congress Constructing Smart Cities*, Hong Kong, China, (Vol. 6).
- Thomas, L.W.** (2013): Legal issues surrounding the use of digital intellectual property on design and construction projects, no. 58.
- Thompson, D., & Miner, R. G.** (2006). Building information modeling-BIM: Contractual risks are changing with technology. WWW document] URL <http://www.aepronet.org/ge/no35.html>.
- Tolson, S.** (2007). Design Liability, Defective Buildings and Remedies at law 2007. *IBC Construction Law*, 1, 1-67.
- Torunoğlu, M.** (2019) Blockchain In Turkish Public Sector. 2nd National Blockchain Workshop. Department of Behavioral Public Policy and Disruptive Technologies
- Turk, Ž., & Klinc, R.** (2017). Potentials of Blockchain Technology for Construction Management. *Procedia Engineering*, 196, 638-645.
- Viriyasitavat, W., & Hoonsopon, D.** (2019). Blockchain characteristics and consensus in modern business processes. *Journal of Industrial Information Integration*, 13, 32-39.
- Vranken, H.** (2017) Sustainability of bitcoin and blockchains. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 28, 1-9.
- Walcroft, D.** (2018) Business Wire: Global Blockchain Market Capital Projects & Infrastructure Lead, PwC US10.

- Walport, M.** (2016). Distributed ledger technology: Beyond blockchain. uk government office for science. Cerca con Google.
- Wang, Z., Wang, T., Hu, H., Gong, J., Ren, X., & Xiao, Q.** (2020). Blockchain-based framework for improving supply chain traceability and information sharing in precast construction. *Automation in Construction*, 111, 103063.
- Wang, J., Wu, P., Wang, X., & Shou, W.** (2017). The outlook of blockchain technology for construction engineering management. *Frontiers of engineering management*, 4(1), 67-75.
- Warburg, B.** (2016). How the blockchain will radically transform the economy. TEDSummitTED Talk (June 2016. Retrieved from https://www.ted.com/talks/bettina_warburg_how_the_blockchain_will_radically_transform_the_economy?language=en).
- Weernink, M. O., van den Engh, W., Fransisconi, M., & Thorborg, F.** (2017). The blockchain potential for port logistics.
- Wien, W.** (2017). Blockchain 101 for governments. A note prepared for The Committee of Experts on International Cooperation in Tax Matters, Fifteenth session, Geneva. Prepared by the WU Global Tax Policy Center of Vienna University of Business and Economics (Wirtschaftsuniversität Wien), Vienna, Austria, Tech. Report, 17-20.
- Winfield, M.** (2018). Erişim: 01 Nisan 2019, The Legal Frontier: Blockchain and Smart Contracts. In BIMPlus. <http://www.bimplus.co.uk/management/legal-frontier-blockchain-and-smart-contracts/>.
- Won, J. S., Cho, G. H., & Ju, K. B.** (2013). Development method of BIM data modeling guide for facility management: Focusing on building mechanical system. *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, 25(4), 216-224.
- Won, J., & Cheng, J. C.** (2017). Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization. *Automation in Construction*, 79, 3-18.
- Wong, A.** (1999). Total quality management in the construction industry in Hong Kong: A supply chain management perspective. *Total Quality Management*, 10(2), 199-208.
- Wörner, D., Von Bomhard, T., Schreier, Y. P., and Bilgeri, D.** (2016). "The Bitcoin Ecosystem: Disruption Beyond Financial Services?" in ECIS 2016 Proceedings. AIS Electronic Library: Association for Information Systems (AIS).
- Wright A and De F. P** Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia, volume 10(59), 2015.
- Ye, Z., Yin, M., Tang, L., & Jiang, H.** (2018). Cup-of-Water theory: A review on the interaction of BIM, IoT and blockchain during the whole building lifecycle. Paper presented at the ISARC. Proceedings of the

- Yermack, D.** (2017). Corporate governance and blockchains. *Review of Finance*, 21(1), 7-31.
- Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K.** (2016). Where is current research on blockchain technology?—a systematic review. *PloS one*, 11(10), e0163477.
- Zaninotto, F.** (2016). The Blockchain Explained to Web Developers, Part 3: The Truth. In: Marmelab.
- Zhao, J. L., Fan, S., & Yan, J.** (2016). Overview of business innovations and research opportunities in blockchain and introduction to the special issue. In: SpringerOpen.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H.** (2017). An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends. *IEEE international congress on big data (BigData congress)* (pp. 557-564). IEEE.
- Zheng, R., Jiang, J., Hao, X., Ren, W., Xiong, F., & Ren, Y.** (2019). bcBIM: A blockchain-based big data model for BIM modification audit and provenance in mobile cloud. *Mathematical Problems in Engineering*,.
- Zohar, A.** (2015). "Bitcoin: under the hood," *Communications of the ACM* 58.9 pp: 104-113.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Alican Kandiye
Doğum Tarihi ve Yeri : 20-11-1994 İzmir
E-posta : akandiye@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2019'dan beri Türk Hava Yolları'nda II. Pilot Adayı olarak çalışmaktadır.