DİJİTAL ÇAĞDA YAPI ÜRETİM SÜRECİNDE RİSK ODAKLI YÖNETİM: BLOCKCHAIN TEKNOLOJİSİ

Bengü KASIMOĞLU

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİJİTAL ÇAĞDA YAPI ÜRETİM SÜRECİNDE RİSK ODAKLI YÖNETİM: BLOCKCHAIN TEKNOLOJİSİ

Bengü KASIMOĞLU
0000-0002-6148-9693

Prof. Dr. Nilüfer TAŞ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS
MİMARLIK ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

DİJİTAL ÇAĞDA YAPI ÜRETİM SÜRECİNDE RİSK ODAKLI YÖNETİM: BLOCKCHAIN TEKNOLOJİSİ

Bengü KASIMOĞLU
Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nilüfer TAŞ

İnşaat sektörü karar alma, kaynak tedariki, paydaş seçimi, yasal prosedürler gibi pek çok açıdan karmaşık, riskli süreçleri barındırmaktadır. Yapılan çalışmanın amacı; dijital yaklaşımlardan biri olan blockchain uygulamalarının, yapı üretim kapsamında inşaat sektöründeki risk yönetim kararlarına entegresiyle birlikte potansiyel avantaj ve dezavantajlarını araştırarak, yenilik alanında belirsizliği bertaraf etmek ve risk odaklı yönetim anlayışını inşaat sektörüne kazandırmaktır.

Blockchain teknolojisi merkezi olmayan, her bir işlemin kayıt altında tutulduğu şifreli işlemler dizinidir. Sistemin uygulandığı ilk örneği kripto para transferleridir. Üretimde dijital çağ, süreçlerin şeffaf, güvenilir, ulaşılabilir ve her bir işlemin kayıt altında tutulduğu bir ortamda yönetilme talebiyle şekillenmektedir. Bu bakımdan yapılan araştırmada blockchain uygulamasının yapı üretim sürecinde gerçekleştirilen karar alma aşamalarında, rasyonelliği amaç edinen risk odaklı yönetim anlayışının geliştirilmesiyle birçok fayda potansiyelinin varlığı ortaya konulmuştur. Çalışmada blockchain teknolojisinin IoT ve yapay zeka gibi teknolojilerle birlikte inşaat sektöründe birincil ihtiyaç olan stratejik planlamalar ve niceliksel veri eksikliği talebine cevap verebilmesi, üretim süreçlerine getirdiği güven, şeffaflık ve ispat edilebilirlik kavramlarıyla risk odaklı yönetim kararlarına getirdiği faydaları ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Akıllı sözleşme, blockchain teknolojisi, dijital dönüşüm, risk odaklı yönetim, risk yönetimi.

2021, viii + 111 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

RISK-ORIENTED MANAGEMENT IN DIGITAL AGE BUILDING PRODUCTION PROCESS: BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

Bengü KASIMOĞLU
Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Architecture

Supervisor: Prof. Phd. Nilüfer TAŞ

Take a decision in the construction industry involves complex and risky processes in many aspects such as resource procurement, stakeholder selection, and legal procedures. The purpose of the study is to investigate the potential advantages and disadvantages of blockchain applications, which is one of the digital approaches with the integration of risk management decisions in the construction sector. Thereby, it will be possible made to eliminate the uncertainty in the field of innovation within the scope of building production and to carry the risk-oriented management approach to the construction sector.

Blockchain technology is a decentralized encrypted directory of transactions where each transaction is recorded. The first example of the system being implemented is crypto money transfers. The digital age in production is shaped by the demand to be managed in an environment where processes are transparent, reliable, accessible and where each transaction is recorded. In this respect, the existence of many benefit potentials has been revealed by the development of a risk-oriented management approach that aims rationality in the decision-making stages of the blockchain application in the building production process in this research. In the study, along with technologies such as IoT and artificial intelligence, the benefits of blockchain technology to risk-oriented management decisions with the concepts of trust, transparency and provability brought to the production processes are revealed.

Keywords: Blockchain technology, digital transformation, risk management, risk-oriented management, smart contract.

2021, viii +111 pages.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İnşaat sektörünün dijital dönüşümü için kullanılabilen blockchain teknolojisi konulu tez çalışması Bursa Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Yüksek Lisans Programı'nda yürütülmüştür.

Tez konusu seçiminde ve yüksek lisans süresince değerli bilgi ve zamanını paylaşan tez danışmanım Prof. Dr. Nilüfer TAŞ'a, yüksek lisans eğitimimdeki katkılarından dolayı Prof. Dr. Murat TAŞ'a ve akademik hayatım boyunca her zaman deneyim ve desteklerini paylaşan Yrd. Doç. Dr. Ayşe ÖZTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak yaşantım boyunca her türlü desteklerini benden esirgemeyen arkadaşlarıma ve hayattaki en büyük şansım olan sevgili aileme sonsuz teşekkürler.

Bengü KASIMOĞLU
02/07/2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR iii
KISALTMALAR DİZİNİ v
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 7
2.1. Risk Yönetimi 7
2.1.1. Karar almada risk ve belirsizlik 8
2.1.2. Geleneksel ve günümüz risk yönetim anlayışı 9
2.1.3. Risk odaklı yönetim 11
2.1.4. Yapı üretim sürecinde risk yönetimi 13
2.1.5. Yapı üretim sürecinde risk kaynakları 15
2.1.6. Yapı üretim sürecinde geleneksel sözleşme yönetimi 15
2. 2. Dijital Çağda Risk Yönetimi 20
2.2.1. Dijital dönüşüm ve dijitalleşme 21
2.2.2. Dijitalleşme ve dijital dönüşümün önemi 25
2.2.3. Üretim süreçlerinin dijital dönüşümü 26
2.2.4. Yapı üretim sürecinde dijital dönüşüm 32
2.2.5. Risk odaklı yönetim anlayışının yapı üretim süreçlerine etkisi 34
2.2.6. Yapı üretiminde süreç teknolojileri 35
2.3. Blockchain Teknolojisi 44
2.3.1. Blockchain nedir 44
2.3.2. Dağıtık sistemlerin avantaj ve dezavantajları 47
2.3.3. Blockchain işleyiş prensibi 49
2.3.4. Konsensüs algoritmaları 51
2.3.5. Konsensüs şekilleri 53
2.3.6. Blockchain türleri 54
2.3.7. Yapı üretim sürecinde blockchain teknolojisi 55
2.3.8. Yapı üretim sürecinde dağıtık defter teknolojisi 57
2.3.9. Yapı üretim sürecinde dağıtık defter teknolojisi ile karar alma 58
2.3.10. Yapı üretim sürecinde akıllı sözleşmeler ve uygulamaları 60
3. MATERYAL ve YÖNTEM 66
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 68
5. SONUÇ 91
KAYNAKLAR 94
EK 1 103
ÖZGEÇMİŞ 111

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
AIA	The American Institute of Architects
AIM	Varlık Bilgi Modeli
AMS	Montaj Yönetim Sistemleri
ANN	Yapay Sinir Ağları
ARCHIBUS	Tesis Yönetim Yazılımı
AR	Arttırılmış Gerçeklik
ASD	Uygulama ve Hizmet Alanı
AI	Yapay Zeka
BDM	Büyük Veri Yönetimi
BEP	BIM Hızlı Planı
BİLGEM	Bilişim ve Bilgi Güvenliği İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi
BIM	Yapı Bilgi Modellemesi
BPM	İş Süreç Modellemesi
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CAE	Bilgisayar Destekli Mühendislik
CAFM	Bilgisayar Destekli Tesis Yönetim
CAM	Bilgisayar Destekli Üretim
CDE	Ortak Veri Ortamı
CNC	Computer Numerical Control
COBie	Performansa Dayalı Tesis Varlık Yönetimi
DAM	Dijital Varlık Yönetimi
DBMS	Veri Tabanı Yönetim Sistemi
DLT	Dağıtık Defter Teknolojisi
DSL	Digital Subscriber Line
DSM	Dijital Yüzey Modelleri
DSS	Karar Destek Sistemi
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EIR	İşveren Bilgi Gereksinimleri Yazılımı
FEA	Sonlu Eleman Analizi
FEM	Sonlu Elemanlar Yönetimi
FIATECH	Fully Integrated and Automated Technologies
FIDIC	Federation Internationale des Ingeniurs Conseils
FMI	Fails Management Industry
FM	İletişim Teknolojisi
GCP	Yer Kontrol Sistemleri
GIS	Coğrafi Bilgi Sistemi
GNSS	Küresel Navigasyon Uydu Sistemi
GoSA	Government of South Australia
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi
HLF	Hyperledger Fabric
IBM	International Business Machines
ICE	Institute of Civil Engineers
ICT	Bilgi ve İletişim Teknolojileri

IFC	Industry Foundation Classes
IoT	Nesnelerin İnterneti
ISO	International Organization for Standardization
LOD	Nesne Detay Seviyesi
MAV	Municipal Association of Victoria
MDV	Model Görünüm Tanımı
MIRA	Çoklu Görüntü Hizalama
ML	Makine Öğrenimi
MOCAP	Hareket Yakalama
NLP	Doğal Dil İşleme
OMD	İşlemler ve Yönetim Alanı
PDM	Ürün Veri Yönetimi
PED	Fiziksel Varlık Alanı
PMBOK	Proje Yönetimi Bilgi Tabanı
RAID	Kaynak Erişimi ve Değişim Etki Alanı
RIBA	İngiliz Kraliyet Mimarlar Enstitüsü
SaaS	Sofware as a Service
SAG	Stratejik Danışma Grupları
SCD	Algılama ve Kontrol Etme Alanı
SfM	Hareketten yapı
SNA	Sistem Ağ Mimarisi
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
VR	Sanal Gerçeklik
QTO	Miktar Çıkış Yazılımı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Dijital çağ sürecinde ortaya çıkan temel kavramların birbiri arasındaki ilişkileri ve konumlandırılmaları 23
Şekil 2.2. Merkezi, merkezi dağıtılmış ve dağıtık veri ağı sistemleri 46
Şekil 2.3. Blockchain sisteminin merkezi ve dağıtık ağ sistemlerinde konumlandırılması 48
Şekil 2.4. Blok içi işlem geçmişi 50
Şekil 2.5. İşlem oluşumu 51
Şekil 2.6. Konsensüs algoritmalarının işleyişi 52
Şekil 2.7. Blockchain türleri (A) genel blockchain (B) konsorsiyum blockchain (C) özel blockchain 55
Şekil 2.8. DLT, BIM, IoT ve Akıllı Sözleşmelerin entegresiyle proje çıktılarını oluşturan anlaşmaları kontrol etme süreci 63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Risk yönetiminde geleneksel ve yeni bakış 10
Çizelge 2.2. Risk yönetiminde geleneksel ve risk odaklı yönetim karşılaştırılması 13
Çizelge 2.3. Sözleşme yönetim sürecinde standartlaşmış aşamalar ve kilit adımlar 17
Çizelge 2.4. İş ve üretim süreç alanında kullanılan güncel teknolojiler 30
Çizelge 2.5. Üretimin gelişimi 31
Çizelge 2.6. İnşaat sektöründe dijital çağ süreciyle birlikte kullanılan teknolojiler 36
Çizelge 2.7. Kullanılan temel doküman yönetimi ve koordinasyon teknolojileri 43
Çizelge 2.8. Merkezi, Merkezi Dağıtılmış ve Dağıtık sistem farklılıkları 48
Çizelge 2.9. Blockchain ağında proje iletişim şekillerine göre karar yönetimi. 59
Çizelge 4.1. İnşaat sektörünün üretiminde gelecek beklentisi 68
Çizelge 4.2. Proje yönetim temel bilgi alanlarında teknoloji kullanımı 69
Çizelge 4.3. Geleneksel proje yönetimlerinde karar mekanizmasının güvenilirliği 70
Çizelge 4.4. İnşaat proje yönetiminde teknolojik araçların yapı üretim sürecinde kullanılması 71
Çizelge 4.5. İnşaat projelerinde risk yönetimini etkileyen faktörler 72
Çizelge 4.6. Yapı üretim sürecinde risk algısı 73
Çizelge 4.7. Üretim süreçlerinde risk, getiri ve rekabet arasındaki ilişki 74
Çizelge 4.8. Teknolojik yatırımların risk yönetimine potansiyel etkisi 75
Çizelge 4.9. İnşaat sektöründe yapılan/yapılacak teknolojik yatırım beklentisi 76
Çizelge 4.10. Teknolojik yatırımlar ve risk odaklı yönetim anlayışı arasındaki ilişki . 77
Çizelge 4.11. Türkiye inşaat sektörünün dijital çağa geç adaptasyonun sebebi 78
Çizelge 4.12. İnşaat sektöründe kullanılan teknolojilerin faydası 79
Çizelge 4.13. İnşaat sektörünün dijital dönüşümündeki birincil engel 80
Çizelge 4.14. Blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe farkındalığı 81
Çizelge 4.15. Blockchain teknolojisinin entegresi için öncülük etmesi gereken kuruluş 82
Çizelge 4.16. Yapı üretiminde rasyonellik ihtiyacının en fazla olduğu süreç 83
Çizelge 4.17. Blockchain teknolojisinin risk kararlarına etkisi 84
Çizelge 4.18. Risk yönetiminde blockchain teknolojisinin ihtiyacı 85
Çizelge 4.19. Blockchain teknolojisinin risk yönetimi için sağladığı fırsat 86
Çizelge 4.20. Akıllı sözleşmelerin risk kararlarına etkisi 87
Çizelge 4.21. Akıllı sözleşmelerin inşaat sektörüne etkisi 88
Çizelge 4.22. Blockchain teknolojisi gelecek beklentisi 89
Çizelge 4.23. Sektörlerde en çok tercih edilecek blockchain kullanım alanı 90

1. GİRİŞ

Blockchain kavramı ilk olarak 2008 yılında "Eşler arası elektronik para sistemi" isimli çalışmasıyla kimliğini gizleyen ve Nakomoto adını kullanan kişi tarafından ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmanın temel hedefi, taraflar arasındaki para akışını, merkezi bir aracıya bağlı kalmaksızın tüm tarafların her türlü işlemi görebildiği ve diziler halinde gerçekleşen şifreli dijital bir ortam geliştirmektir. Çalışmadan bir sene sonra uygulama konulan blockchain sistemi Avusturalya, Çin, Japonya, Estonya, İsviçre ve Amerika gibi teknolojiye yatırım yapan ülkeler başta olmak üzere ilk adımda ülkelerin finans sektörlerince çok çabuk kabul görmüş ve yeni bir devir başlatmıştır (Sharma 2020).

Geleneksel anlayıştaki yapı üretim süreci, merkezinde teknik eleman ve işçilik arasındaki organizasyonu bulunduran büyük oranda insanı yönetme işidir (Smithers ve Walker 2000). Geleneksel yapı üretimlerinde insani güvene dayalı, emek yoğun anlayışa bağlı artan süre ve maliyet sonucunda kalitesi daha düşük ürünler ortaya konmaktadır (Yaman 2019). Günümüzde ise yapılan yenilik araştırmaları ve uygulamalarıyla, meslekler ve süreçlerdeki uzmanlık alanları artmış, bilgi ve iletişimin pek çok paydaşa anında ve güvenilir şekilde paylaşılması daha kritik hale gelmiştir. Özellikle büyük ölçekli projelerde doğru ve zamanında iletişim, bilgi paylaşımı kaliteyi doğrudan etkilemektedir. Blockchain ve geçmişten günümüze yapı üretim süreçlerinin temelinde bulunan ortak iletişim, veri/bilgi paylaşım kaygısı, ikisinin entegrasyonlarını akılcı hale getirmektedir.

Blockchain teknolojisi yapı üretiminde ilk olarak ihaleler, hukuki süreçler, gayrimenkul satışındaki aşamalar gibi standartlaşmış prosedürleri otomasyonlu ara yüz anlayışıyla uygulamak ve zaman, maliyet gibi proje yönetimi için kritik öneme sahip kavramlardan tasarruf sağlamak amacındadır. Bu kapsamda günümüzde e-ihale, dijital/akıllı sözleşmeler adıyla gerçekleştirilen örnekler mevcuttur. Dijital Çağda Yapı Düzenleme Reformu olan FIATECH (Fully Integrated and Automated Technologies) 3 000 yapı izin başvurusunu e-izin süreciyle tamamlamış ve bundan 78 736 l yakıt, 207 563 kg karbondioksit ve 5 443 kg kağıt tasarrufu sağlamıştır (Nawari ve Ravindran 2019). Leningrad bölgesinde uygulanan geleneksel yöntemlerle 5 gün sürecek konut kredi ve ipotek işlemleri blockchain üzerinden 1 dakika içerisinde tamamlanmıştır (Rychagov ve

Kinyakina 2018). Dünyanın en büyük deniz taşımacılık şirketi olan Maersk Line uluslararası sulardaki gemi ve yüklerin resmi evrak izinlerini blockchain altyapısıyla gerçekleştirerek rutin prosedürlerin otomasyonu sayesinde zaman ve maliyette tasarruf sağlamaktadır (Anonim 2017a).

Blockchain uygulamasının yapı süreçlerine entegresinin bir diğer faydası her aşamasının bahsedildiği gibi kayıtlı ve değiştirilemez olmasıyla inşaat sektöründe yapıya bir kimlik ve hafıza kazandıracak olmasıdır. Blockchain uygulamasının kronolojik kayıtla şifrelenmiş ve değiştirilemez özelliği sayesinde inşaat sektöründe paydaş, yüklenici seçimi, tedarik zincir yönetimi gibi güvenilirliğe dayalı yüksek riskli süreçler ispat edilebilir şekilde yönetilebilmektedir. Dijital ortamda oluşan geçmiş iş kayıtları stratejik karar süreçlerini kolaylaştırmaktadır. Risk yönetiminde karar süreçlerinin rasyonelleştirilmesi, risk odaklı yönetim anlayışının hedefi olan stratejik planlamalara olanak tanımaktadır.

Çalışmada yapı üretim süreçlerinde gerçekleştirilen risk yönetimlerinde şeffaflık, güven ve rasyonel yönetimlerin sağlatılması için blockchain teknolojisinin alınan kararlara entegresi konu edinmiştir. Bu amaçla kullanılan öncelikli blockchain teknolojisi akıllı sözleşmelerdir. Çalışma ile bahsedilen alanda ihtiyaç duyulan teknolojik belirsizliklerin netleştirilmesi ve inşaat sektörüne dijital dönüşüm sürecinde bir kaynak oluşturulması amaçlanmıştır. Öte yandan blockchain teknolojisinin araştırılması ile stratejik, niceliksel planlamaları amaç edinen risk odaklı yönetim anlayışının uygulanabilirliği de irdelenmektedir. Yapı üretim süreçlerindeki pek çok belirsizliğin, blockchain teknolojisi ile giderilebilmesi risk odaklı yönetim anlayışını desteklemektedir.

Amacın belirlenmesi

(İnşaat sektörünün dijital dönüşümünü gerçekleştirmesi için dijital çağ uzantılarından biri olan blockchain teknolojisinin yapı üretim kararlarına entegresi, uygulanabilirliği, avantaj/dezavantajlarını araştırmak ve bu alanda kaynak oluşturmak çalışmanın amacıdır.)

▼

Literatür taraması ve temel kavramların incelenmesi

(Yapı üretiminde geleneksel ve günümüz risk yönetim anlayışı, risk odaklı yönetim, dijital çağ ihtiyaçları, risk yönetiminde dijital dönüşüm ve teknolojileri, risk yönetim kararlarının rasyonelleştirilmesi için kullanılan blockchain teknolojisi ve akıllı sözleşmeleri içeren araştırmalar incelenmiştir.)

▼

Görüşme formunun hazırlanması

(İnşaat sektörünün dijital dönüşümü için gerekli kriterlerin belirlenmesi; risk ve risk yönetimi, blockchain teknolojisi, akıllı sözleşmeler ve aynı zamanda inşaat sektörünün risk odaklı yönetim biçimine (rasyonel yönetimine) bakışını irdeleyen 23 soruluk görüşme formu, bu alanda yapılan literatür taraması sonucunda hazırlanmıştır.)

▼

Görüşme form verilerinin değerlendirilmesi

(Belirlenen kriterler doğrultusunda risk yönetim kararlarının dijital dönüşümü için risk yönetim kararlarında blockchain teknolojisi ve akıllı sözleşmelerin uygulanabilirliği, risk odaklı yönetimin avantajları ve sektörün bakış açısı değerlendirilerek önerilerde bulunulmuştur.)

Şekil. 1.1. Tez akış şeması

Problemin Tanımı

İnşaat sektöründe yapı üretim süreçleri olan talep, tasarım, ihale, yapım-inşaat ve teslim süreçlerinde bilgi ve iletişimin hayati rolü vardır. Yapı üretim süreçlerinde bilgi ve iletişim eksikliğine bağlı olarak ortaya çıkan temel sorunlar şunlardır:

- Yapı üretim paydaşları (mimar/mühendis, müteahhit, yüklenici, tedarikçi, işçi, yerel yönetimler, kullanıcılar) arasında bilgi alışverişinde coğrafi kısıtlamalar, veri eksikliği, güvensizlik, anlaşmazlık ve sözleşme işlem maliyetleri (noter, tasdik, hukuki vb.)
- Yapı üretim süreçlerinin şeffaf olmaması
- Yapı üretim aşamasında fikri mülkiyet hakları, veri bilgi arşivi, süreç boyunca değişikliklerin kaydedilmesinde sistemlerin yetersiz kalması
- Kamu veya özel yönetimlerin yüklenici seçimi, hukuksal süreçler gibi işlemleri üçüncü taraflara bağımlı olarak prosedür işlemlerinin yürütülmesi bunun sonucunda zaman ve maliyet kaybı ile kalitenin düşmesi
- Emek yoğun yönetim anlayışından kaynaklı fazla enerji, kağıt, su kullanımı ve karbondioksit salınımı sonucunda çevresel zararlar
- Çok ortaklı inşaat projelerinde kaynak temini, tedarik zincir takibi, paydaş seçimleri, standartlara uygun sözleşme yönetimleri gibi yapı üretim süreçleri boyunca risk kararlarında geleneksel yönetimin niteliksel yöntem çözümleriyle yetersiz kalması

Çalışmanın amacı

İnşaat sektörünün dijital dönüşümü için dijital çağın uzantılarından biri olan blockchain teknolojisinin yapı üretim kararlarına entegresi, uygulanabilirliği, avantaj/dezavantajlarını araştırmak ve bu alanda kaynak oluşturmak çalışmanın öncelikli amacıdır.

Çalışma beş ana başlık altında ilerlemektedir.

Birinci bölümde giriş, çalışmanın çıkış noktasını oluşturan problemin tanımı, amacı ve kapsamı aktarılmıştır.

İkinci bölüm tezin literatür araştırılmasıyla oluşturulan kavramsal ve kuramsal kısmını oluşturmaktadır. Kavramsal ve kuramsal kısmına dayalı birinci bölümde; yapı üretim sürecinde risk yönetimi, geleneksel ve günümüz risk yönetim anlayışı açıklanmakta ve bu anlayışın günümüzde risk odaklı yönetime evrilme sürecinden bahsedilmektedir. İnşaat projelerinde risk yönetimine en çok ihtiyaç duyulan paydaş seçimi, kaynak tedariği, bilgi ve iletişim süreçleridir. Bahsedilen süreçlerde geleneksel sözleşme yönetimleri ve alınan risk yönetim kararlarına etkisinden söz edilmektedir.

Kavramsal ve kuramsal kısmına dayanan çalışmanın ikinci bölümünde günümüz sektör ihtiyaçlarının neler olduğu ve teknolojiyle birlikte gelen dijital çağ kavramları açıklanmıştır. Bu kavramların yapı üretim sürecine etkisini, yapı üretim sürecinde dijital dönüşümün nasıl gerçekleştirildiği, uygulanan ve uygulanması planlanan teknolojilerden bahsedilmektedir. Bahsedilen teknolojilerin, risk odaklı yönetim anlayışına etkisi ve bu amaçla geliştirilen süreç teknolojilerinden söz edilmektedir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde dijital çağın uzantılarından biri olan blockchain kavramının tanımı, dağıtık defter teknolojisi ve yapı üretim sürecinde kullanımı açıklanmıştır. Blockchain teknolojisinin sağladığı iletişim şekilleri ve sözleşmelerde karar yönetimi açısından inşaat sektöründe kullanımı ve etkilerinden bahsedilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümü yarı yapılandırılmış uzman görüşmelerini içeren Bulgular kısmıdır. Türkiye inşaat sektöründeki proje yöneticilerine, yapı üretim sürecinde oluşan risklere bakış açıları, inşaat sektörünün dijital dönüşümündeki engelleri ve dijital çağın uzantısı olan blockchain teknolojisinin bu risklere getireceği etkilerini irdeleyen 23 soruluk yarı yapılandırılmış görüşme gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda inşaat sektörünün risk odaklı yönetim biçimine (rasyonel yönetimine) bakışı ve uygulanması için gereken koşullar yapılan çalışma sorularıyla birlikte irdelenmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünü oluşturan Sonuç kısmında uzman görüşlerinden elde edilen veriler analiz edilerek Türkiye inşaat sektörünün risklere, geleneksel risk yönetimlerine ve risk odaklı yönetime bakış açısı açıklanmaktadır. Dijital çağ kapsamında geliştirilen blockchain teknolojisiyle birlikte kullanılan akıllı sözleşmelerin yapı üretim sürecinin

karar mekanizmalarında kullanımı, sektörün dijital dönüşümü için gereklilikler, önündeki engeller ve uygulanabilirliği literatür taraması ve çalışma verileri göz önüne alınarak önerilerde bulunulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çalışmanın kaynak araştırması bölümünde risk yönetimi, dijital çağda risk yönetimi ve blockchain teknolojisi olmak üzere üç ana başlık altında ilerleyen literatür araştırmaları yer almaktadır.

2.1.Risk Yönetimi

Risk süreç boyunca oluşabilecek her türlü gelişmenin gerçekleşme olasılığıdır. "Yönetim, amaçlara ulaşmak için başta insan kaynağı olmak üzere mali kaynakları, donanımı, demirbaşları, hammaddeleri, yardımcı malzemeleri ve zamanı, birbiriyle uyumlu, verimli ve etkin kullanabilecek karar alma ve uygulatma süreçlerinin toplamıdır" (Eren 2011). Risk yönetimi ise ön görülen risklerin olumsuz etkilerini saptayıp, süreç adına önceden belirlenmiş zaman, kalite ve maliyet planlamaları dâhilinde, proje aleyhine geliştirilen stratejik adımlar bütünüdür.

Risk yönetimi, uygun değer ile risk giderme, azaltma ve/veya kontrol kabiliyetini elde etmek için bir projenin yaşam döngüsü boyunca riskleri sistematik olarak tanımlama, analiz etme ve bunlara yanıt verme işleminin resmi ve düzenli bir sürecidir (Wang ve ark. 2004).

İnşaat sektöründe risk; bir karar veya planlama sürecinde, yapı sonuçları hakkındaki tahminlerde öngörülemez, belirsiz durumlar bütünüdür (Wang ve ark. 2004). Bu durumlarda genel olarak projenin tasarımı, inşası ve inşaat sonrası gibi hizmetler ele alınmaktadır (Birgönül ve Dikmen 1996). Geleneksel yöntemlerle ele alınan riskler; yöneticilerin inisiyatifine, deneyimine bağlı olarak yönetilebilir bir karar haline getirilmektedir.

Risk yönetiminde kararlar gelecek tahmini, önsezi ve deneyim kabiliyetine bağlı olarak alınmaktadır. Proje yönetimi sürecinde gelecek ile ilgili alınan her karar öncesi risk unsurları saptanır ve proje kaderi bu risk unsurlarını doğru yönetebilme kapasitesine göre belirlenir. Proje ölçeği büyüdükçe yönetilmesi gereken risk ve sonucunda alınan karar etkileri aynı oranda büyümektedir. Bu bakımdan risk yönetimi, proje yönetim sürecinde önemli bir disiplin haline gelmiştir. Risk yönetiminde geliştirilen tekniklerle (Duyarlılık

analizi, Olasılık analizi, Monte Carlo benzetimi vb.) karar alma mekanizması rasyonel temellere oturtulmaktadır. Burada amaç süreç içerisinde oluşacak dezavantajlı belirsizlik halini; yönetilebilir, avantaja çevrilebilen risk haline getirerek alınan kararları projeye uygun hale getirmektir.

Risk yönetimi süreçleri temel olarak aşağıdaki adımları içermektedir (Stanleigh 2015, Bodicha 2015):

1. Belirsizlikleri fark etmek
2. Belirsizliği nicel temellere indirgeyerek yönetilebilir risk durumuna getirmek
3. Riskleri kategorize etmek
4. Kategorize edilen risklere uygun risk yönetim tekniklerini seçmek
5. Seçilen tekniklerle kararlar almak
6. Alınan kararları ön görülen zaman, kalite ve maliyet dâhilinde uygulamak
7. Kararları yapı üretim süreci boyunca izlemek ve kontrol etmek

Risk yönetiminde karar almayı doğrudan etkileyen risk ve belirsizlik kavramlarını tanımlamak proje başarısı için oldukça önemlidir.

2.1.1. Karar almada risk ve belirsizlik

Proje fizibilite çalışmalarında mevcut durum analiz edilerek hedefler belirlenir. Belirlenen hedeflerin, gerçekleşme olasılığını ölçmek gelecekte meydana gelebilecek ekonomik, iletişim, çevre vb. gibi etkileri hesaplayabilme kabiliyetini gerektirmektedir. Bu etkiler zamana bağlı değişkenlik gösterdiğinden yapı üretim sürecinde yüksek oranda belirsizlik hâkimdir. Maliyetli ve çok ortaklı sürece sahip inşaat projelerinde kesinlikten bahsetmek neredeyse imkansızdır.

Uğur (2006) belirsizliği “Belirsizlik, hiçbir tarihsel verinin veya geçmişte karar alıcı üzerinde düşünmekte olduğu, yaşanmış durum ile bağlantı taşıyan bir olayın bulunmadığı bir durum olarak tanımlanabilir” olarak tanımlamıştır. Belirsizliklere ilk önce risk sınıflandırılması yapılarak, benzer durumlarda alınan kararlarla karşılaştırılıp bir strateji

geliştirilir. Stratejilerin geliştirilmesi risk yöneticileri tarafından oluşturulan projenin bir sonraki aşamasıdır.

Birgönül ve Dikmen (1996) risk için "değişik şekillerde gerçekleşme olasılığı olan olay" şeklinde bahsetmişlerdir.

"Risk belirsiz bir olay veya durumun gerçekleşmesi sonucunda proje hedefi üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etkiye sahip olabilecek bir kavramdır" (Anonim 2004).

Renn'e (1998) riski, "insanların değer verdiği şeyler üzerinde etkisi olan sonuçlara yol açan, insan eylemlerinin veya olayların olasılığı" olarak tanımlamıştır.

Hertz ve Thomas (1983) riski bir karar veya planlama durumundaki yapı sonucu veya sonuçları hakkında öngörülebilirlik hali olarak kabul etmiştir.

Karar alma aşaması kesinlik, risk ve belirsizlik kavramlarını kapsamaktadır (Uğur 2006). Risk; kesinlik ve belirsizlik arasında, yönetim kabiliyetine göre avantaj veya dezavantaj sağlayabilen değişken bir kavramdır. Bu bağlamda risk yönetimi uygun şekilde yapıldığında fırsata, göz ardı edildiğinde ise büyük kayıplara sebep olabilmektedir. Öte yandan uygun bir risk yönetimi proje açısından mutlak başarı demek değildir. Önemli olan riskin bir sonraki adımı olan kararların, proje sonunda öngörülen zarara en az şekilde uğramış olmasıdır.

2.1.2. Geleneksel ve günümüz risk yönetim anlayışı

"Risk, süreçlerin doğal yapısında vardır" (Çokgör 2016). Bu sebeple her türlü süreç beraberinde risk yönetimi talebiyle gelmektedir. İnşaat sektöründe risk yönetimi taleple başlayan ve tasarım, ihale, yapım ve kullanım aşamalarını içeren yapı üretim süreçlerinin her aşamasında gerçekleşmektedir. Risk yönetimi ise planlama, risk belirleme, nitel risk çözümlemesi, nicel risk çözümlemesi, riske tepki planlama, risk izleme ve kontrol süreçleriyle yönetilmektedir (Onur 2016).

Geleneksel anlayışta örgütler genellikle riskten kaçma, riski yalıtma, beklenmedik durumlarda sorumluluğu başkalarının üzerine yükleyerek bireysel çıkarlarını koruma eğiliminde davranış sergilemektedir (Uğur 2006, Osipova ve ark. 2008). Geleneksel anlayışta riskler üretim süreci boyunca ortadan kaldırılmak istenen mevcudiyetine rağmen anlayışıyla idare edilme, üretime bir tehlike algısı hâkimdir. İnşaat sektörü yenilikçi risk yönetim anlayışına mesafelidir ve bu alandaki bilgi seviyesi bakımından yetersizdir (Serpell ve ark. 2014).

Uluslararası düzeyde risk yönetim birimlerine yönelik yasal düzenlemeler, raporlar yayınlanmasının ardından Türkiye'de kamusal işletmelerin yönetim birimlerinde risk yönetim birimlerinin olması konusunda yasal zorunluluklar getirilmiştir (bkz. Sermaye Piyasası Kurulu Düzenlemeleri 2011, Yeni Türk Ticaret Kanunu 2012). Günümüz projelerinde risk yönetimi; yönetim planlaması, tanımlama, analiz, yanıtlar ve izleme, kontrol ile ilgili süreçlerini içermektedir (Anonim 2017b). Çizelge 2.1.1.'de sektörlerin geleneksel ve günümüz anlayışta risk yönetim algısı karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 2.1. Risk yönetiminde geleneksel ve yeni bakış (Eskişehir Ticaret Odası Risk Yönetimi (2016) raporunda bulunan Risk: Yeni Bakış tablosundan yararlanılarak hazırlanmıştır)

Geleneksel Bakış	**Yeni Bakış**
-Risk, kontrole tabi negatif bir etkidir.	-Risk avantaja çevrilebilen fırsattır.
-Risk, şirket içi kapalı yönetimle gerçekleştirilir.	-Risk, şeffaf, çeşitli kaynaklardan beslenebilen bir süreçle yönetilmektedir.
-Risk yönetiminin sorumluluğu alt seviyelere aktarılır.	-Risk yönetim sorumluluğu üst yönetim dâhil olmak üzere tüm paydaşlarca eşit olarak üstlenilmiştir.
-Risk ölçümü özneldir.	- Rasyonel, otomasyonlu veri ortamlarına aktarılarak nicel ölçüm yapılabilir.
-Yapılanmamış ve tutarsız risk yönetim fonksiyonları bulunur.	-Dijitalde, hafızalı ortamlarda yönetilen risk ölçüm süreçlerince, hesap verilebilirlik sağlanır.
-Yönetim kurulunun iç kontrolünü sağlayan iç denetim birimleri vardır.	-Risk yönetiminde karar alma mekanizması rasyonel verilere dayandırılır ve denetimi tüm ortaklarca eşzamanlı yapılabilir.

Günümüzde teknolojik gelişmelerinin ardından risk yönetimi; başlı başına proje yönetim birimlerinin her alanında dikkate alınan, çeşitli tekniklerle rasyonel temellere dayandırılarak yönetiminin şansa bırakılmadığı, tanımlanan belirsizliklerle kesinlik alanına yaklaştırılan ve stratejik adımlarla, doğru yönetimle rekabet etme aracı olarak kullanılan bir kavram olarak risk odaklı yönetim anlayışına evrilmiştir (bkz. Çizelge 2.1.).

2.1.3. Risk odaklı yönetim

Geleneksel yönetimlerde riskler, üretim süreçlerince tehdit olarak algılanmaktadır. Her türlü risk içeren adım ve kararlardan uzak duran yatırımlar, ezber süreç ve tekniklerle yapılmaktaydı. Günümüzde "risk ile baş etme" bakış açısı yerini "risk analizi ve yönetimi yoluyla rekabet edebilme" görüşüne bırakmaktadır. Sektörde rekabet edilebilirliği sağlamanın yolu risk alabilmekten geçmektedir.

Risklerin belirlendiği, analiz edildiği, önleme veya azaltma döngüsünden oluşan geleneksel risk yönetimi ile risk odaklı yönetim anlayışı arasındaki fark; bahsedilen süreçlere ek olarak, önceki risk yönetimlerinden çıkan sonuçları, bir sonraki projede güncel teknik ve stratejik yatırım planları kullanılarak stratejik, akılcı yeni yolların keşfedilme çabasının varlığıdır.

Yönetim kavramı doğuşu 1900'lerin başında Henri Ford'un 1903 yılında üretim bandı odaklı yönetim anlayışıyla Fordist yönetimi ile sorgulanmıştır. Daha sonra Taylor (1911) yönetim kavramını ilk defa bilimsel olarak açıklamıştır. 1916 yılında ise Henri Fayol'un iş gücünde bireyselliği savunduğu Yönetimin 14 ilkesiyle birlikte yönetimlerde teknik analizler, yönetimde uzmanlaşma, üretim sürecinde işçi ve yönetici yeri ve arasındaki ilişkilerin üretime etkisi gibi konular önemli hale gelmiştir.

1970'lerde ilk uzun vadeli yönetim planlamaları güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar, tehditlerin yapıldığı SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) analizleri, matrisler ile planlamalar yapılmaktaydı. Devam eden yıllarda üretim süreçleri, süreç yönetimlerinin ürün kalitesine doğrudan etkisi fark edilerek süreç yönetim teknikleri, kalite yönetimi, fonksiyonel yönetimler geliştirildi. Süreç temelli ürün oluşturma, yeniden

yapılandırma, bencmarking (kıyaslama) gibi anlayışlar, 2000'lerle birlikte ürün ve üretim süreçlerinde devrim yaratan teknoloji, inovasyon, değer inovasyonu gibi kavramlara yerini bırakmıştır. Her şirketin hızlı ve öznel üretim modelleri geliştirmesi rekabet ortamını daha da arttırmıştır. Bu durum yönetim anlayışlarında yüksek belirsizlikleri ve beraberinde riski yönetme ihtiyacını getirmiştir.

Teknolojik yeniliklerin sağladığı yönetim kolaylıklarının yanı sıra hızlı tüketim, devamlı yenilik arayışı, rekabet edilebilirliğin yalnızca değişimle sağlandığı 2000 yılı ve devam eden yıllarda üretim süreçleri, alışılagelmiş kalite standartları için bir bilinmezlik durumu yaratmıştır. Bu durumun önüne geçmek adına otoritelerce ISO (International Organization for Standardization) 9001, ISO 14001, ISO 2000 ve ISO 27001 gibi ürün kalite standartları getirilmiştir. Getirilen kalite standartlarının omurgasını teknolojik yeniliklerin ve diğer etkilerin yarattığı risk unsurlarını yönetebilmek oluşturmaktadır.

Geleneksel risk yönetim anlayışı, Endüstri 4.0 ile birlikte bahsedilen risk kaynaklarını çağın getirdiği, güncel tekniklerle, hızlı ve rasyonel verilere dayalı şekilde analiz edip stratejik bir fırsat unsuru haline getirme anlayışına evrilmiştir. Risk yöneticilerinin deneyimine bağlı, rutin prosedür ve tekniklerden geçen, belirli bir çerçevede yatay yönetim biçimleri dijital çağda geçerliliğini kaybetmiştir. Değişimi kabul etmek, uzun vadede yatırımlar yapmak, uluslararası gelişmeleri fonksiyonel şekilde şirketlere uyarlayabilmek sektörel rekabette ön plana çıkmayı kolaylaştırmaktadır. Günümüz yönetim anlayışı, risk odaklı yönetimin merkezde olduğu, esnek, talep ve müşteri odaklı bir üretim sürecini desteklemektedir. Çizelge 2.2.'de geleneksel risk yönetimi ve risk odaklı risk yönetim algısı karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 2.2. Risk yönetiminde geleneksel ve risk odaklı yönetim karşılaştırılması (Kraus ve Lehner 2012, Simona-Iulia 2014 çalışmalarından faydalanılarak hazılanmıştır)

Geleneksel Risk Yönetimi	**Risk Odaklı Yönetim**
Risk bireysel bir tehlike olarak kabul edilir	Risk stratejilerinin bir parçasıdır
Risk tanımlanır, analiz edilir ve indirgenir	Risk portföyü geliştirilir, optimasyonu sağlanılır.
Rastgele risk ölçümü gerçekleştirilir	Risk izlenir ve ölçülür
Bireysel riskler önceliklidir	Amaç kritik olan risktir
Riskler sınırlandırılır	Risk stratejisi geliştirilir
Bireysel görevleri ve sorumlulukları olmayan riskler	Risk ortak sorumlulukları belirlenir

Risk odaklı yönetim; örgüt, şirket, sektör hedefleri adına geliştirilen stratejik adımlar bütünüdür. Strateji ise rakiplere üstünlük sağlayacak karar ve faaliyetlerdir (Porter 1980). Stratejiyi esas alan risk odaklı yönetimin temelinde süreçleri sistematik şekilde kontrol edip yapılan analizleri rasyonel, ispat edilebilir düzeyde ortaya koyarak fayda sağlayabilme kabiliyeti vardır. PMBOK' a göre kuruluşlar, risk ve ödülü dengelerken, değer yaratmak için kontrollü ve kasıtlı bir şekilde proje riskini almayı seçmelidir (Anonim 2009). Sektörde sağlanacak üstünlük, ancak saptanmış riski iyi analiz edebilme, teknikler geliştirme veya bu amaçla geliştirilmiş teknolojilere imkan dâhilinde yatırım yapabilmeyle sağlanmaktadır.

2.1.4. Yapı üretim sürecinde risk yönetimi

Yapı üretim süreci, diğer üretim sektörlerine göre yüksek yatırım maliyetleri, ihale süreçleri, üretim sırasında çevresel etkilere maruz kalma, karmaşık tedarik zinciri, üretimde çok ortaklılık, yapının uzun vadeli eldesi ve bu süreçte meydana gelebilecek politik, ekonomik, malzeme depo durum değişimlerinden kaynaklı belirsizliklerle pek çok risk unsuru altında yönetilmektedir. Bahsedilen belirsizlikler yapı üretim sürecini

açık uçlu, rasyonel olmayan, zaman içerisinde değişim gösterebilecek anlaşmalara itmektedir. Bu değişken ve güvene dayalı durum yatırımcıları tedirgin ettiği için inşaat sektörünün diğer sektörlere göre teknolojik gelişmeleri geç takibine neden olmaktadır. Öte yandan inşaat projelerinde bulunan bu dinamik yapıyla, alınan kararların en az sapmayla hedefe hizmet etmesi halinde, ülke ekonomilerini belirleyebilecek ölçüde büyük kazanımlı geri dönüşler sağlanabilmektedir.

Birgönül ve Dikmen (1996) risk yönetim sistemini "risklerin tanımlanması, analizi ve edinilen bilgiler ışığında değerlendirme ve karar verme aşamalarından oluşmaktadır" şeklinde açıklamıştır. Risk yönetimine riski tanımlamak yani kaynağını belirlemekle başlanılmaktadır.

Kaynağı belirlenen risklerin analizi temelde nitel ve nicel olmak üzere değerlendirilmektedir. Nitel risk analizleri deneyim ve insani kararlara dayalı değişkenlik gösterebilen küçük ölçekli projeler için kullanılan stratejik öngörülerdir. Değerlendirmeler genellikle matrisler kullanılarak puanlama sistemi ile yapılmaktadır. Puanlama sistemlerinde başlıca; Kod Optimizasyonu, Duyarlılık analizi, Senaryo analizi, Risk kütüğü, Tehdit etki matrisi, Risk öncelik numarası, ve Risk matrisi gibi nitel risk analiz teknikler kullanılmaktadır (Çokgör 2016).

Nicel risk analizi ise öncelikli, genel kabul edilmiş riskler üzerinde duran, sonuçlarının projeyi olumlu ya da olumsuz doğrudan etkileyebildiği sayısal risk analiz yöntemidir. Olasılık ile etkinin çarpımı olan Monte Carlo benzetimi, her olasılığın hesap edilerek sürece dâhil edildiği, ön görülen olasılıklara göre planların oluşturulduğu niceliksel analiz yöntemidir. Büyük ölçekli projelerde ise Kinetik ağaç analizi (Kinetic tree analysis), belirsizlikleri hesaba katan, iki olasılık arasında beyin fırtınasıyla yaklaşık bir sonuca ulaşılan Bulanık mantık teorisi (Fuzzy Logic Theory) kullanılmaktadır.

Karar verme aşaması, riskleri belirleme ve bahsedilen analizler sonucunda elde edilen sonuçlar temel alınarak oluşturulan stratejik planları içermektedir. Bu planlamaya risk yanıt planlaması denilmektedir. Planlamalar sonucunda riskten kaçınma, devretme (sigortalama), azaltma veya kabul etme adımları izlenmektedir. Son olarak, alınan

kararlar yapı üretim süreci boyunca izleme ve kontrol etme sürecinden geçerek tamamlanmaktadır. Alınmış kararların hatasız şekilde uygulanmasında ve anlık durum değişimleri halinde anında müdahaleyle kararların güncellenmesi, izleme ve kontrol aşamasında gerçekleşmektedir. Bu süreç bir sonraki projeler için kaynak oluşturacağından her bir aşama kayıt altında tutulan veriler, neden/sonuç ilişkisiyle bir rapor halinde arşivlenebilmektedir.

2.1.5. Yapı üretim sürecinde risk kaynakları

Proje sürecinde karşılaşılan riskler genel olarak dış kaynaklı riskler; finansal, ekonomik, politik, yasal ve çevresel ve iç kaynaklı riskler; tasarım, şantiye, iç yönetim ve iletişim olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Tah ve Carr 2000, Baloi ve Price 2003). İnşaat projelerinde; finansal riskler, sözleşmeye dayalı riskler, yüklenici hataları, proje süreçlerinin karmaşıklığı, bilgi eksikliği ve kayıpları sıklıkla karşılaşılan risklerdir (Birgönül ve Dikmen 1996, Demirci ve Erdiş 2004, Uğur 2006, Hoover 2018).

Yapı üretim süreçleri olan talep, tasarım, ihale, yapım ve kullanım süreçlerinde gerçekleşen bilgi ve iletişim temelli riskler; sözleşme, paydaş ve tedarik zincir alanlarıdır. Bu anlamda dijital dönüşümü gerçekleştirilen, otomasyonlu süreçler ilk adımda bu alanlara uygulanmalıdır (Penzes 2018).

2.1.6. Yapı üretim sürecinde sözleşme yönetimi

Sözleşmeler, bir projenin her aşamasına doğrudan etki eden, özellikle büyük ölçekli yatırımlarda güven ortamı yaratarak itici güç göreviyle her türlü sürecin, emeğin ve projenin hedefleri doğrultusunda tarafların verdiği teminatların hukuki süreçlerle kayıt altına alınma şeklidir. İnşaat sektörünün karmaşık yapısı nedeniyle sözleşme yönetimi her adımda ön plana çıkmaktadır.

“İstisna (eser) sözleşmesinin en çok uygulanan biçimi inşaat sözleşmesi olup yap/satçı bir müteahhidin inşaa ettiği küçük bir binanın inşasından, çok uluslu müteahhitlik firmalarının oluşturduğu konsorsiyumların üstlendiği en büyük baraj, otoyol, tünel, köprü

ve gökdelenlerin inşasına kadar bütün bu yapılar inşaat sözleşmesinin konusunu oluşturmaktadır" (Eren 1996).

Sözleşme yönetimini müşteri perspektifinden bakarak alıcının, üreticiyi/satıcıyı yönetme biçimidir (Anonim 2009). İnşaat proje sözleşmeleri diğer sektörlerden farklı olarak ürünü olan tüm yapı yaşam döngüsünü kapsamaktadır. Uygun bir sözleşme yönetimi yapı süreci boyunca ihtiyaç duyulan kaynak türleri, emek ve yatırıma göre değişiklik gösteren iletişim ve bilgi akışının projeye anında entegre edilmesi ile mümkündür.

İyi bir sözleşme yönetimi temelde; işveren-tedarikçi hedeflerinin uyması, yatırımların karşılık bulması, paydaş rollerinin açık şekilde anlaşılması, kontrollü, yasal, projeye uyumlu planlamalar gibi şartlara hizmet etmektedir.

Yerel yönetim haklarını korumak amacıyla kurulan MAV (Municipal Association of Victoria)' a (2018) göre sözleşme yönetimi "Planlama aşaması, Sözleşme kurulması, Sözleşme yöneticisinin belirlenmesi, Sözleşme yönetim rollerinin ve sorumluluklarının belirlenmesi, İlişkileri yönetmek, Performans yönetimi, Sözleşme varyasyonlarının müzakeresi, Sözleşme anlaşmazlıklarını yönetmek, Etik iş davranışlarını belirlemek, Sözleşmelerin tamamlanması" aşamalarını içermektedir.

İngiltere'de kamu ve özel sektör kuruluşlarını desteklemek için satın alma danışmanlığı yapan PMMS Consulting Group çalışmasında (2011) uygun sözleşme yönetim aşamalarını yayınlamıştır. Çalışmada "Sözleşme ihtiyaçlarının toplanması, idaresi, yönetim rolleri ve sorumluluk listesi, ilişki yönetimi, performans yönetimi, süreç izleme, sözleşme varyasyon görüşmeleri, anlaşmazlıkların yönetimi, etik davranış ve çıkar görüşmeleri ve sözleşme tamamlaması" olarak 10 aşama belirtilmektedir.

Sözleşme yönetimi temelde hizmetlerin, iş ve sürece dâhil taraf ihtiyaçlarının tanımlanması, sınıflandırılması ve yönetilmesidir. Tüm sözleşme yönetim süreçlerinde bilgi ve iletişim yönetimi oldukça önemlidir. Sözleşme süreçleri yapılacak işe, taraflara, çıkarlara göre değişim gösterebildiğinden, proje sürecinde ani riskleri oluşturmaktadır. Bu anlamda sözleşme yönetimi risk yönetimiyle etkileşimli şekilde yönetilmektedir.

Çizelge 2.3.'de sözleşme yönetim sürecinde standart hale gelmiş başlangıç, takip ve kapanış aşamaları ve bu aşamalarda takip edilen adımlar gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. Sözleşme yönetim sürecinde standartlaşmış aşamalar ve kilit adımlar (Anonim 2018, Anonim 2009, Bellec ve Cottard 2016 çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır)

<table>
<tr><th>Başlangıç</th><th>Takip</th><th>Kapanış</th></tr>
<tr><td>1. Planlama
1.1 Proje ihtiyaç dokümanları
1.2 Sözleşme sınıflandırılması
1.3 Performans hedefleri
1.4 Risk yönetim planı</td><td rowspan="2">3. Yönetim
3.1 Bilgi ve iletişim yönetimi
3.2 Performans yönetimi
3.3 Anlaşmazlık yönetimi
3.4 Sözleşme kontrolü ve yönetimi
3.5 Risk yönetimi</td><td rowspan="2">4. Sonlandırma
4.1 Hedef-durum analizi
4.2 Sonuç raporu
4.3 Gelecek sözleşme yönetimi için öngörüler, tavsiyeler
4.4 Arşivleme</td></tr>
<tr><td>2. Seçim
2.1 Sözleşme yöneticisi ve taraf rollerinin belirlenmesi
2.2 Sözleşme varyasyon görüşmesi
2.3 Sözleşme içeriğinin onayı</td></tr>
</table>

İnşaat sektörü endüstri devriminden sonra kurumsallaşma yolunda sözleşme yönetiminin önemini keşfedip karmaşık projelerine uygun ulusal ve uluslararası geçerliliği olan örgütlerce standart inşaat sözleşmeleri geliştirmiştir.

ICE (Institute of Civil Engineers) 1945 yılında inşaat tedarik zincirinde yöntemleri ve şantiye uygulamalarını içeren ICE Sözleşme Şartlarını yayınlamıştır. ICE tip sözleşmeleri yayınında temel olarak; inşaat mühendisliğindeki riskler, ihaleler, anlaşmazlıklar ve paydaş borçlanma planlamalarını konu almaktadır (Köksal 2010). Yayın daha sonra 1956'da revize edilerek uluslararası düzeyde kullanılabilecek bir standart sözleşme halini almıştır.

ICE tip sözleşmelerinden yola çıkarak mühendislik meslek etikleri üzerinde duran ve mühendislik haklarını konu edinen, standart meslek sözleşmeleri üzerine uluslararası geçerlilikte yayınlar yapan FIDIC (Federation Internationale des Ingeniurs Conseils); tarafından hazırlanan ve günümüzde geçerliliğini koruyan Kırmızı kitap, Sarı kitap ve Gümüş kitap yayınlarıyla inşaat sözleşme yönetiminde yasal geçerliliği olan şartlar ve düzenlemeler getirmiştir (Uğur 2006, Köksal 2010).

AIA (The American Institute of Architects) inşaat projelerinde paydaşlar arasındaki ilişkiyi standart prosedürler haline getirmek için 10 yılda bir güncellenen sözleşme standartları hakkında yayınlar yapan bir başka kuruluştur.

Ülkemizde ihale ve inşaat sözleşmelerine standart getirme yerel yönetimlerce hazırlanmakta ve Kamu İhale Kurumu'nun hazırladığı büyük ölçekli yapım projelerinde yüklenici hakları, seçimi ve sonraki süreçlerin nasıl olması gerektiğiyle ilgili sözleşme kurallarını içeren resmi yasalar çıkarılmaktadır. 2003 yılından sonra 2886 sayılı Devlet İhale Kanunu ve 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu'na tabi olacak şekilde Kamu İhale İnşaat Sözleşmesi adı altında inşaat sözleşmeleri yürütülmektedir. Tüm yatırımcıların ortak bir sözleşme yürütmesi için 4735 sayılı kanunu Tip Sözleşmeler adıyla standart sözleşme kanunu belirlenmiştir. Tip sözleşmeler başlıca; yüklenici türü, sorumluluğu, sözleşme bedeli, türü, tarafların önceden belirlenen şartlar altında olası maliyet giderleri, değişiklikler, fesihler, anlaşmazlık gibi durumlarda tarafların hak ve sorumluluklarını konu almaktadır. 2010 yılında Resmi Gazete' de yayınlanan Yapım İşleri Genel Şartnamesi, hem kamu hem de özel örgütlerin yapım işlerinde kullanabileceği sözleşme esaslarını içermektedir (Uğur 2014).

İnşaat projelerinde sözleşmeler yapı yaşam süreci boyunca ihale süreçleri ve paydaş seçimleri başta olmak üzere, yüklenici, tedarik, mühendis/mimar, yatırımcı hak ve sorumlulukları gibi proje için yaşamsal önemi olan süreçlerde etkin rol almaktadır. Bu süreçleri ulusal ve uluslararası geçerliliği olan kamu ve özel örgütlerce standartlaştırılarak işleyebilir bir temele oturtulmak öncelikli hedef olmuştur. Sözleşme yönetimi üçüncü tarafların onayı, yüksek deneyim ve veri arşiviyle gerçekleşmektedir. Geleneksel sözleşme yönetimlerinde kayıp ve eksik veri arşivleri, üçüncü tarafların prosedür

işlemlerinden kaynaklı zaman ve maliyet giderleri, yöneticilerin deneyimine dayalı ihale ve paydaş seçimlerinde yapılan sözleşmelerin güvene dayalı yapılması proje sürecine yüksek risk oluşturmaktadır.

2.2. Dijital Çağda Risk Yönetimi

Dijitallik sözlük anlamıyla (TDK) "Sayısal veya verilerin bir ekran üzerinde elektronik olarak gösterilmesi" olarak geçmektedir. Dijital çağ ise her türlü bilgi ve verinin ispat edilebilir, sayısal bir yapıda geliştirilen teknolojik araçlar ile sanal ortamlarda depolanıp anlamsal ağ oluşumu ile hedefe yönelik kullanıldığı dönemdir.

Üretim sektörü geçmişten günümüze dört büyük devrim geçirmiştir. İlk olarak 1784'de meydana gelen su ve buhar enerjili mekanik üretim tesislerini kullanan Endüstri 1.0, 1870'de iş bölümüne dayalı, elektrik enerjili kitlesel üretimin devreye girişi ile Endüstri 2.0 devrimleri meydana gelmiştir (Çeliktaş ve ark. 2015). Dijitallik kavramı ise ilk olarak elektriğin üretim sektöründe aktif olarak kullanılması, mekanik araçların önceden kurulup seri üretim yapabildiği Endüstri 3.0 ile 1969'da ortaya çıkmıştır.

Dijital çağ ile hayatımıza giren Endüstri 4.0 döneminden ilk olarak 2011 yılında bahsedilmiştir. Khan ve Turowski (2016) çalışmasında Endüstri 4.0'ı "müşterilere yeni değerler ve hizmetler getirmek için üretim düzeyinde ileri teknoloji uygulamalarının sağladığı bir devrim" ve "yenilikçi iş modellerinin ve hizmetlerinin taleplerini hızlı bir şekilde karşılamak için üretim sistemlerinde esneklik ve kalite getiren dönem" olarak tanımlamaktadırlar.

İnşaat sektörü kriz veya değişim zamanlarından doğrudan etkilenen finans, iletişim, teknoloji, kalite, zaman gibi bilgi alanlarını yapısında bulunduran ve bu çok ortaklılığı sebebiyle ülke ekonomilerini yöneten öncü üretim sektörlerden biridir. Geçmişte risk yönetimleri, yalnız talep yönetimlerinin yapıldığı, sigorta şirketleri, sözleşmeler, hukuki süreçler gibi üçüncü taraf garantörlüğünde ilerlemekteydi. Endüstri 4,0'dan önce risk yönetim süreçleri zorunlu olarak en iyi alternatifin insani kararların ön planda olduğu pek çok değişken kararlara bağlı yönetim şekillerini içermekteydi. Dijital çağ bu zorunluluk halinden dolayı ortaya çıkmıştır. Dijital çağ üretim süreçlerinde zaman, maliyet ve kalite standartlarının insani kararlara bağlılığını; otomasyonlu üretim süreçleri, yapay zeka, nesnelerin interneti, veri/ bilgi yönetimi ile risk yönetimini rasyonelleştirmek mümkündür (Hoover ve ark. 2018).

Mühendislik ve inşaat alt yapı ve yapılı çevre yönetim danışmanlığı yapan FMI (Fails Management Industry)'nin 2018 yılında yayınlamış olduğu Risk Yönetimi Çalışma Anketi'nde inşaat sektöründe oluşan risk kaynakları başlıca; %88 nitelikli işçi tedariği, %75 sözleşme değişiklikleri, %67 yetersiz alan danışmanları, %58 yetersiz proje programları, %42 proje karmaşıklığında artış, %34 taşeron hataları, %32 yeni bilgi teknolojileri, %20 yeni teknikler ve ekipman, %7 ve diğer olarak belirtilmiştir (Hoover ve ark. 2018).

Günümüzde inşaat endüstrisi nitelikli işçi sıkıntısı çekmektedir (Kumara ve ark. 2018). Bu durum üretiminde emek yoğunluğu fazla olan yapı üretim süreçlerinde, otomasyonlu yaklaşımlarla işçi ihtiyacını azaltmak, süreçleri hızlandırmak ve buradan elde edilen zaman ve maliyet artılarını stratejik bilgi alanlarına aktarabilmek, iş ve işçi güvenliğini sağlamak gibi konuları proje yöneticilerinin önceliği haline getirmektedir. Bu bağlamda geliştirilen yardımcı teknolojiler, rutin süreçlerin otomasyonu risk yönetimini kolaylaştırmaktadır. Öte yandan dijital çağda ortaya çıkan "dijitalleşme ve dijital dönüşüm" kavramları örgütlerce yeterince iyi anlaşılamamaktadır.

Hoover ve ark. Risk Yönetimi Çalışma Anketi'nde (2018) sektörde firmaların çoğu dijital araçları ihtiyacı olmadığı halde teknoloji eğilimini takip etmek adına veya geliştirilen teknolojileri kısa vadede, tek bir soruna çözüm niteliğinde kullandıklarını belirtilmiştir. Bu anlayış da gereksiz yatırım maliyeti, kalifiye çalışan ihtiyacını beraberinde getirdiği için risk yönetim sürecine yeni bilinmezlikleri eklemektedir. Dijital çağın getirilerinden faydalanarak sektör içinde bahsedilen sorunlara kalıcı çözümler getirmek yalnızca dijital ürünleri kullanmakla değil dijital dönüşümü gerçekleştirmekle mümkün olmaktadır.

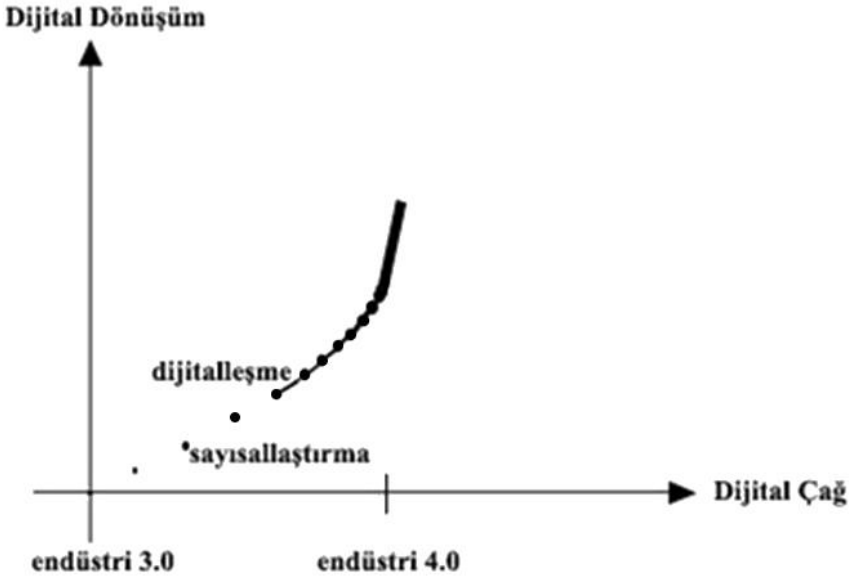
2.2.1. Dijital dönüşüm ve dijitalleşme

Analog araçların yaptığı iş bilgisinin, sayısallaştırılarak kod sistemine oturtulup seri üretim araçları haline getirilmesi dijitalleştirme; daha sonra bu araçların ürün yaşam sürecinin her aşamasına entegre edilmesi dijital dönüşümdür.

Dijitalleşme, bilişim dünyası ve bu düşünce yapısının temelleri ilk olarak ikili sayı sistemleri 0 bit yokluk ve 1 bit varlık mantığı üzerinden 17. Yüzyılda Leibniz ve dönemin diğer matematik filozofları tarafından atılmıştır (Aksu 2019). Devam eden yıllarda emek yoğun, analog araçlara veri ve bilgiyi depolayabilme, kullanabilme özellikleri getirilmiştir. İkinci Dünya Savaşı ve sonraki süreçlerde endüstrilerin rekabet edebilme yarışı, katlanarak artan ürün talepleri otomasyon isteği bugün ki bilgisayarlı teknolojilere ulaşmamızda önemli itici güç olmuştur.

Gartner'in Bilgi Teknolojisi Sözlüğü' ne göre dijitalleşmek "eskiden benimsenen iş modelini değiştirmek, icat etmek, sektörde rekabet edebilmek için dijital teknolojilerin kullanılmasıdır" (Anonim 2020c). Dijitalleşme, kullanım dili sayısallaştırılmış bilgiler olan üretim, değer, hizmet aracıdır.

"Dijitalleştirme; etkileşimleri, iletişimi, iş işlevlerini ve iş modellerini, dijital, otonom, yarı otonom ve manuel operasyonların karışımıyla birlikte akıllı üretim haline dönüştürmek veya pazarlamaktır." (Yankın 2019). Şekil 2.2.1.'de dijitalleşme, sayısallaştırma ve dijital dönüşüm kavramları arasındaki ilişki ve dijital çağdaki konumları gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Dijital çağ sürecinde ortaya çıkan temel kavramların birbiri arasındaki ilişkileri ve konumlandırılmaları (Anonim 2015, Rogers 2016, Yankın 2019 çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır)

Endüstri 3.0 ile başlayan dijital çağ sürecinde ortaya çıkan dijitalleşme, sayısallaştırmanın bir sonraki adımı olarak, ürün veya hizmet özelinde kalmaktadır. Dijital dönüşüm ise insan/kullanıcı ögesinin dijitalleşen araçlarda dikkate alınmasıdır. Dijital dönüşüm sayısallaştırma ve dijitalleşmeyi kapsayan süreçleri ifade etmektedir. Sayısallaştırılmış araçların/parçaların bir araya gelerek iş sürecine kısa vadede katkıda bulunmasına dijitalleşme; dijitalleştirilmiş araçların iş süreçlerine entegresiyle uzun vadede değer üretmesine dijital dönüşüm denilebilmektedir (Şekil 2.1.). Örneğin elektrikli asansör bir dijitalleşmedir. Kullanıcı boyutuna indirgenerek yaş, cinsiyet, alışkanlık ve kişi profiline göre kurgulanan asansörler, binaya girmeden aradaki mesafeyi hesaplayıp zemine gelmektedir. Böylelikle günümüzde bekleme süresi olmaksızın, enerji verimli ve kullanıcı odaklı dijital dönüşümlü akıllı asansör teknolojileri geliştirilmektedir (bkz. Al-Kodmany 2015). Bu olayda da görüldüğü üzere dijital dönüşümden, dijital araçlara ancak kullanıcısı da dâhil edildiğinde bahsedile bilinmektedir.

“Dijital dönüşüm; bir şirketin, bir işin, bir sürecin, bir iş modelinin dijitalleşme trendine maruz kalarak veya onu kendine mal ederek; eski halinden, fiziki veya analog olan

halinden dijital, müşteri odaklı, hızlı, ölçeklenebilir ve sanal ortamda yayılabilir hale gelmesidir" (Aksu 2019).

"Dijital dönüşüm hızla gelişen bilgi ve iletişim teknolojilerinin sunduğu imkanlar ve değişen toplumsal ihtiyaçlar doğrultusunda, organizasyonların daha etkin, verimli hizmet vermek ve faydalanıcı memnuniyeti sağlamak üzere insan, iş süreçleri ve teknoloji unsurlarında gerçekleştirdiği bütüncül dönüşümdür" (Anonim 2020e). Yani doğrudan teknoloji ile ilgili değil, strateji ve yeni düşünme yollarıyla ilgilidir. "Dijital çağda dönüşüm, örgütlerin stratejik zihniyetini bilişim teknoloji altyapısından çok daha fazlasıdır." (Rogers 2016)

"Dijital strateji zihniyetini müşteri, rekabet edilebilirlik, veri, yenilik ve değer kapsamlarında ele almıştır. Üretim sektöründeki bu devrim müşteri alışkanlığının gelişen teknolojik imkanların değişmesiyle başlamış, rekabet etmek artık ne kadar yeni ürüne sahip olduğunla doğrudan ilgili olmuştur" (Rogers 2016). Bu alanda yapılan çalışmalar gösteriyor ki dijital dönüşüm stratejileri, müşteri davranış verilerini yeni teknolojik yöntemler kullanarak müşteri ve üretici için değer yaratmanın yöntemleri üzerine kurulmuştur.

Sonuç olarak dijitalleşme ve dijital dönüşüm arasındaki temel fark; dijital dönüşüm insan-teknoloji ortaklı bir süreci ifade ederken, dijitalleşme çoğunlukla teknolojik yetkinliğin, çeşitli donanımların ön planda olduğu durumu ifade etmektedir. "Dijital dönüşüm şirketin çalışma biçimini değiştirmeden eski teknolojinin yerine yenisini koyarak şirketi dijitalleştirmek demek değildir." (Anonim 2015). Dijital dönüşüm makro ölçekte bir süreci ifade eder, amacı bellidir fakat ulaştığı bir hedefi yoktur, belirli bir uzmanlık seviyesine ihtiyaç duyar. Dijitalleşme ise sürekli yenilenen, çoğunlukla yeni baştan üretilen anlık, her bilgi seviyesinde kullanılabilen sayısallaştırılmış araçları ifade etmektedir. Sektörlerde varlığını korumak isteyen, rekabetçi örgütler uygun stratejiler belirlemeden önce dijital çağın getirdiği sayısallaştırma, dijitalleşme ve dijital dönüşüm gibi kavramların tanımlarını yaparak yatırıma değer adımlar atmalıdır.

2.2.2. Dijitalleşme ve dijital dönüşümün önemi

Dijital çağ Endüstri 3,0 ile başlayan günümüze kadar tüm sektör ezberlerini yıkıp yerine bilgi toplumu ve bilgi ekonomisini getirmiştir. Üretim sektörleri başta olmak üzere her türlü alan için bilgi deneyim ve hafıza demektir. Hafıza ise bakış, gelecek yolculuğunda bir ışık demektir. Bu bağlamda bilgiyi merkeze alan ve onu şeffaf, erişilebilir, kullanıp değer haline getirebilmeyi sağlayan çağdaş bir anlayıştan kaçınmak günümüz rekabet ortamında yok olmak demektir.

Ekonominin tarihsel süreçleri incelendiğinde birinci dönem tarım ekonomisi, ikinci dönem endüstri ekonomisi, üçüncü dönem finans ekonomisi ve dördüncü dönem bilgi ekonomisi aşamalarını içermektedir. Günümüz dördüncü dönem bilgi ekonomisini diğer ekonomilerden farklı kılan en önemli şey kaynağı olan bilginin sınırsız ve paylaştıkça çoğalma eğiliminde olmasıdır (Şeker 2020). Bilgi ekonomisi dijital ortamlarda varlığını sürdüren, yazılım dilini kullanarak sektörlere değer üreten yeni dönem ekonomi anlayışıdır. Bu anlayışın ekonomik faydası dijitalliğin temel özelliği olan bilgiyi depolamak, kullanmak ve aktarmaktan gelmektedir. Bu yenilikçi ekonomi anlayışından yararlanmak için ise örgütlerin dijitalleşmeyi ve dönüşüm süreçlerini iyi anlayarak gerçekleştirmesi gereklidir.

Kamu, eğitim, sağlık, tedarik, yönetim alanlarında e-devlet, e-ihale, izlenilebilir tedarik zincirleri, yapay zeka, akıllı üremler, akıllı sözleşmeler vb. yönetimlerde stratejik kararlar, otomasyonlu süreçler yöneterek zaman maliyet azalımları edinilmektedir. 2020 yılında küresel salgın ile birlikte yaşanılan karantina sürecinde eğitim, ürün tedarik süreçleri, iletişim, haberleşme ve daha pek çok ihtiyaca çevrimiçi düzende dijital platformlar sayesinde ulaşılmıştır. Sağlık alanında elde edilen verilerle birlikte hastalık sebepleri, önlemi ve çözümleri yapay zeka yardımıyla hızlı şekilde çözüme kavuşturulup daha sonraki vakalar için hafıza oluşturması ve yeni tedavi yollarının bulunması üzerine çalışmalar sürdürülmektedir (Kraft 2011).

Aksu ve ark.'na (2011) göre dijitalleşmenin anlatım dili olan internet ve gelişim süreci maddelerin hallerine benzemektedir. İnternet 1,0 katı, hareketsiz, enerji seviyesi

düşüktür. 2000'li yıllarda ise web 2 ile sıvı hale geçiş yapılmış hareketli, birbirine karışır yüksek enerji seviyesine geçilmiştir. Günümüzde ise 5G teknolojisi ile küresel anlamda kablosuz bağlantı çalışmalarının sonuna gelinmiştir. Artık maddenin gaz hali gibi internet ve onun aracı olan dijitalleşme her yerdedir. Ulaşılabilir, yüksek değer oluşturan ve etkileşimli yapısıyla hayatımızın her alanına geri dönüşümsüz şekilde sirayet etmiştir. Sektörlerin bu durumda atacağı adım bu alandaki gelişmeleri, süreçleri iyi kavramak, yönetmek ve fırsata çevirmek olmalıdır.

2.2.3. Üretim süreçlerinin dijital dönüşümü

Örgütlerin dijital dönüşümü için atılacak adımlardan biri iş süreçlerinde yenilik sağlamaktır. ISO 9001:2000'de süreç "girdileri çıktı haline getiren birbirleriyle ilgili ve etkileşimli faaliyetler bütünüdür" olarak tanımlanmaktadır. Süreç yönetimi temelde kaliteyi ele almaktadır.

Reijers'e (2006) göre organizasyonların temeli ürün veya hizmetler değil iş süreçleridir. Üretim süreçlerinin iyi yönetilmesi ile ürünün tüm ortaklarına değer sağlanmakta ve istenilen kalite standartlarında verimli çıktı eldesine ulaşılmaktadır.

vom Brocke ve ark. 'na (2013) göre, iş süreci yönetimi, kurumsal işlevlerin aksine kurumsal süreçlere odaklanan bütünsel bir yönetim yaklaşımıdır. Bütünleşik süreç yönetim anlayışında iletişim, bilgi, kalite, paydaş vb. yönetimleri yapısında bulunmaktadır.

Francis (2018), dijital dönüşüme dahil olan beş alanı; düşüncede değişim, liderlikte değişim, teknolojiyi benimseme, kaynakların sayısallaştırılması ve yeniliği benimseme olarak tanımlamıştır.

Günümüz üretim anlayışının önceki anlayış farklarından biri süreç odaklı üretimler gerçekleştirilmesidir. Örgütlerin bahsedilen beş alanı uygulaması süreç yönetiminin temel ihtiyaçlarına; verilerin toplanılması, enformasyon haline getirilmesi, gerekli bilgilerin eldesi, kullanılması ve saklanılmasına hizmet etmektedir. Bu adımlar üretim

teknolojileri başlığında yapay zeka, bulut sistemleri, otomasyonlu sistemler ve üretim sürecine destek dijital araçlarla sağlanmaktadır. Böylece üretim süreci yönetiminde stratejik kararlar alarak, üretim hızını ve sürecin sonucu olan çıktı kalitesi arttırılmaktadır. Kotha ve Swamidass'ın (2000) Üretim Teknolojileri üzerine yaptığı çalışmada üretim teknolojilerini dört grupta sınıflandırmıştır: Ürün Tasarım Teknolojileri, Süreç Teknolojileri, Lojistik, Tedarik Planlama Teknolojileri, Bilgi Değişim Teknolojileri.

1. **Ürün Tasarım Teknolojileri:** CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım), CAE (Bilgisayar Destekli Mühendislik) ve Çizim Teknolojileri gibi çıktı süresini hızlandırmaya yönelik kullanılan teknik donanımsal araçları içermektedir.
2. **Süreç Teknolojileri:** Esnek Üretim Sistemleri, CNC-NC (Nümerik ve Bilgisayar Kontrollü Nümerik Tezgâhlar) üretim süreçlerinin kontrolü ve işlemesi ile ilgili teknolojilerdir. Gürler ve Gürler' e göre (2009) bahsedilen teknolojiler "ürün süreç maliyetlerini ve süreç değişkenliğini azaltmakta ve böylelikle verimlilik ve ürün kalitesini yükseltmektedir."
3. **Lojistik, Tedarik Planlama Teknolojileri:** Hammadde eldesinden müşteriye kadar geçen kaynak tedarik süreçlerinin bilgisi, kontrolü ve işlem onaylarını içeren ve bu amaçla geliştirilmiş teknolojileri içermektedir. Otomasyonlu, ürün takip sistemleri, kalite onay sistemleri kullanılmaktadır.
4. **Bilgi Değişim Teknolojileri:** Veri tabanları, sistem ekipmanları, veri transfer protokolleri, internet vb. yazılımlarla örgüt içindeki ağı sağlayan, yukarıda ilk üç adımda gerekli olan iletişimi, süreç boyunca gerekli bilgilerin eldesi ve depolanması için geliştirilmiş teknolojileri içermektedir.

Günümüz üretim anlayışının bir diğer farkı ise müşteri odaklı üretim anlayışıdır. Üretimde değerin son müşteri tarafından tanımlandığı bir anlayış hâkimdir (Çanakçıoğlu 2019). Bu anlayışla ürünün son müşteriye hızlı, az maliyetli ve istenilen kalitede iletilmesi üretim süreçlerinin iyileştirilmesi yani israftan kaçınmak artık teknolojik imkanlarla mümkün olmaktadır. Üretim süreçlerinin dijital dönüşümü müşteri açısından değeri merkeze almaktadır. Müşteri için değer satın aldığı ürünün istenilen kalite ve hızda en az maliyetle elde etmektir, ürün eldesi için kullandığı kaynakların sonuca değmiş olmasıdır. Üretim süreçlerine yoğunlaşan bilgi, teknoloji, iletişim ve talebi yalın bir

tutumla yönetme anlayışı, ürün üzerindeki kaliteyi arttırmaktadır. Kısacası üretimde süreç kavramı, kullanıcı talebinin, çıkarının merkezde olduğu, hedefe en kısa yoldan ve israfa karşı bir anlayışla varılan yalın üretim bakış açısıyla yönetilmektedir. Böylelikle talep canlı tutularak üretici ve sürece dâhil olan diğer paydaşların da çıkarı sağlanmaktadır.

Yalın üretim anlayışı ilk olarak üretim süreçlerinde israftan kaçınma felsefesiyle Japonya'da ortaya çıkmıştır. Daha sonra bu felsefe ilk olarak Womack ve ark.' nın (1990) yayınladığı "Dünyayı Değiştiren Makine" adlı kitapta yalın düşünce olarak kavramsallaştırılmıştır. Çalışmada yalın düşünce kullanıcı çıkarlarının ön planda tutulduğu, en az malzeme ve zamanda talebin istenilen değerde karşılanması, kaynakların yalnızca bu amaçla kullanılması olarak açıklanmıştır. Yalın üretim sürecinde bu anlayışın dışındaki her şey israf olarak algılanmaktadır. Womack ve Jones'a (1996) göre yalın düşünce de kendi içinde bir süreçtir ve vardığı bir nokta yoktur; ürünün tasarımı, tedariği, temini, geri bildirimlerini içeren tüm süreçler bir bütün olarak ele alınmalıdır. Bu bütünleşik üretim anlayışında geliştirilen teknolojilerin temel amacı da süreç odaklı bir anlayışla endüstrilere hizmet etmektir.

"İş, üretim ve tedarik süreç alanlarında verimliliği sağlamada kaldıraç görevi görecek öne çıkan güncel teknolojiler; ağ ve mobil teknolojiler, dijital ikiz, dijital iş gücü, dijital müşteri deneyimi, dijital kalite sistemleri, üretim izleme sistemleri, montaj yönetim sistemleri ve öğrenen robatlardır" (Şahinaslan ve Şahinaslan 2019).

- **Ağ ve mobil teknolojiler:** Kablosuz iletişim, veri aktarımı temelli taşınabilir teknolojilerdir.
- **Dijital ikiz:** Sensörlerden elde edilen verilerle gerçek üretimin birebir dijital ortama aktarılmasıdır.
- **Dijital iş gücü:** Stratejik kararlar gerektirmeyen rutinleşmiş örgüt üretim süreçlerinin yazılımlı araçlarla taklit edilmesidir.
- **Dijital müşteri deneyimi:** Müşteri ve firma arasında satın alma, tedarik süreci ve ürün geri bildirim aşamalarının dijital araçlarla kurulan bağlantıların bütünüdür. Deneyim veriye dönüştürülerek dijitalleşmekte ve işlenmektedir. Sonuç olarak müşteri deneyimleri ile firmalar ürünlerini talep yönünde iyileştirir. Böylece üretim

sürecine müşteriler de ortak edilerek iş yükü azaltılır, müşteri memnuniyeti sağlanır, ürün kalitesi ve değeri arttırılır.

- **Dijital kalite sistemleri:** Kalite kontrol sistemlerinin bulut sistemlerine aktarılarak otomasyonunu sağlanır ve kalite yönetim birimlerinin iş yükü azaltılır. Bunun sonucunda oluşan veri analiz edilir ve stratejik kararlar rasyonel dayanaklarla alınır; hızlı, hedefe ve uluslararası kalite standartlarına uygun şekilde kalite yönetimi yapılmaktadır.
- **Üretim izleme sistemleri:** Üretim aşamasında verimlilik ve performans ölçümünün dijital araçlarla/sensörlerle izlenerek yapıldığı sistemlerdir. İzleme ve takip sistemleri otomatikleştirilir, veriler raporlanır, analiz edilir ve aksi durumlarda müdehale eş zamanlı gerçekleştirilir.
- **AMS (Montaj yönetim sistemleri):** Ürünü oluşturan parçaların üretim ortamında bir araya getirilmesi, etiketlenmesi/ambalajı, tedariği gibi aşamalarının yönetim birimlerinden eş zamanlı kontrol ve yürütme imkanı sağlayan sistemlerdir. Montaj süreci boyunca izlenebilirlik veya montajın gerçekleştirilmesi dijital araçlarla sağlanır ve elde edilen veriler bir sonraki işin otomasyonu veya sürecin iyileştirilmesi için kullanılır.

  Montaj sistemlerinin fonksiyonelliği, çalışan performansı ve diğer tüm aşamalar şeffaf şekilde dijital ortamlarda örgüt içinde veya dışında paylaşılarak ürün hakkında güvenilirlik ve hesap verilebilirlik sağlanılır.
- **Öğrenen robotlar:** Yapısında bulunan yapay zeka sayesinde algı, tanımlama, hareket etme özelliği ile donatılmış insan iş gücünü taklit edebilen, görerek sonuç çıkarabilen, duyusal algısı olan, veri kullanımı yapan, otonom veya önceden programlanmış mekanik araçlardır.

Çizelge 2.4. İş ve üretim süreç alanında kullanılan güncel teknolojiler

Ağ ve mobil teknolojiler	3G, 4G, 5G ağ teknolojileri, Ethernet, DSL, EDGE, ICT (Bilgi ve iletişim teknolojileri)
Dijital ikiz	BIM (Yapı Bilgi Modellemesi), CAD, CAM (Bilgisayar Destekli Üretim) bulut tabanlı ve bilgisayar destekli teknolojiler
Dijital iş gücü	Dijital yardımcılar, robotlar, otomasyonlu programlar

Dijital müşteri deneyimi	Mobil uygulamalar, çevrimiçi yardım destekleri ve sohbet robotları, firma sosyal medya hesapları
Dijital kalite sistemleri	SaaS (Sofware as a Service), bulut sistemleri, örgüt içi ve dışı bağlantı kuran yazılımlı ara yüzler, web siteleri, mobil uygulamalar
Üretim izleme sistemleri	Mobil/web uygulamaları, kablosuz veri toplama sensörleri, dronlar, görüş sistemleri, depo takip sistemleri, QR barkod sistemleri
Montaj yönetim sistemleri(AMS)	MOCAP (Hareket yakalama), bulut sistemleri, sensörler, GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi), 3D modelleme, otonom mobil malzeme taşıma araçları, AR (Arttırılmış gerçeklik), Cobot (Kolaboratif Robot) teknolojisi
Öğrenen robatlar	Otomatik mobil robotlar, insan makine ara yüzleri, ICT, sürücüsüz araçlar, insansız hava araçları, ultrason makineleri, radar sistemleri, 3D makineler

Çizelge 2.4.'de gösterilen güncel teknolojilerden elde edilen veriler ortak bulut sistemlerinde kurulan bağlantılarla paylaşılmaktadır. Paylaşılan veriler ile bilgi ve enformasyon yönetimi insan ve yapay zeka, teknoloji ortaklıklarıyla bütünleşik üretim süreçleri gerçekleşmektedir (anlamsal ağ teknolojisi). Böylece istenilen kalite ve hızda ürün eldesi gerçekleştirilmektedir Günümüzde bu şekilde gerçekleştirilen ileri üretim teknolojilerinden akıllı üretim olarak bahsedilmektedir. Üretim teknolojilerinde kullanılan en önemli üç teknoloji; akıllı üretim, IoT (Nesnelerin interneti) destekli üretim ve bulut tabanlı üretimlerdir (Brocal ve ark. 2019). Akıllı üretimlerin temel özelliği yenilikleri izleme ve değişen ihtiyaçlara uyum sağlayarak esnek özellikte olmaktır (Kumar 2017). Çizelge 2.5.' de üretim sektörlerinin iş ve iş süreçlerine geçmiş, günümüz ve gelecek bakış açıları gösterilmektedir.

Çizelge 2.5. Üretimin gelişimi (Mrugalska ve Wyrwicka 2017)

	Geçmiş	**Günümüz**	**Gelecek**
İletişim Sistemi	Analog	İnternet ve İntranet	Siber Fiziksel Sistem ve Nesnelerin İnterneti
Anlayış	Emek Yoğun	Yalın Üretim	Akıllı Üretim
Çözüm	Otomasyon	Bilgisayarlaştırma	Sanallaştırma ve Entegrasyon

Sonuç olarak üretim süreçleri ve müşteri geri bildirimi ürün yaşam döngüsü için hayati öneme sahiptir. Bu alanda yapılacak her yenilik hammaddeden kullanıcıya olan süreci doğrudan etkilemekte ve bütünleşik bir anlayışla akıllı üretim teknolojileri üzerine çalışmalar arttırılmaktadır Yalın üretim, akıllı üretim, bulut tabanlı ve nesnelerin interneti ile üretim, müşteri değeri odaklı üretim gibi kavramlar dijital çağ üretim sürecinde ortaya çıkmıştır. Yeni üretim modellerinin temel prensipleri otomasyonlu, esnek ve bütünleşik bir anlayışla, tüm paydaşları sürece dahil eden üretimler gerçekleştirmektir.

Gartner'da yayınlanan çalışmaya göre (Forni 2017) stratejik teknoloji yenilik eğilimleri; yapay zeka ve gelişmiş makine öğrenimi, akıllı uygulamalar, akıllı nesneler, dijital ikiz, sanal ve arttırılmış gerçeklik, blockchain ve dağıtılmış defterler, konuşma sistemleri, mesh hizmet teknolojisi, dijital teknoloji platformları ve uyarlanabilir güvenlik ağıdır. Öte yandan üreticilerin bu teknolojik yeniliklere yatırım yapması risk yönetimini kolaylaştırsa da yeniliğin bilinmezliğiyle birlikte yeni risk unsurlarını da getirmektedir. Oluşacak risklerin önüne geçmek için ISO gibi uluslararası geçerliliği olan kuruluşlar SAG (Stratejik Danışma Grupları) kurarak Endüstri 4.0 kapsamında "Akıllı Üretim" danışmanlığı yapmaktadır.

Üretim sürecinin karmaşık olduğu sektörlerden biri olan inşaat sektörü proje yönetimi, bilgi paylaşımı, tedarik zinciri ve güvene dayalı süreçlerde zorluk çekmektedir. Yapı üretim süreçlerinde donanımların dijitalleşmesi, otomasyonlu işlemler ve üretim teknolojilerine yoğunlaşarak kaliteli yapı üretimi gerçekleştirilmektedir.

2.2.4. Yapı üretim sürecinde dijital dönüşüm

Yapı üretimi barınma, korunma ve çeşitli temel ihtiyaçların giderilmesi için ortaya çıkmakta ve bu alanda sektör oluşturarak ülke ekonomilerine yön verecek ölçüde bir ihtiyaç talebiyle başlamaktadır.

Taş (2003) çalışmasında yapı üretim sürecini yapı kararından sonra yapı eldesi için yürütülen tüm faaliyetleri içine alan süreç olarak açıklamıştır.

Yaman (2019) yapı üretim sürecinden sırasıyla; planlama, tasarım, ihale, yapım ve kullanım aşamalarını barındıran süreçler olarak bahsetmiştir.

RIBA (İngiliz Kraliyet Mimarlar Enstitüsü) (Anonim 2020d) çalışmasında yapı üretim sürecini sırasıyla; tanımlama/talep, hazırlık ve bilgilendirme, kavramsal tasarım, mekânsal koordinasyon, teknik tasarım, imalat ve inşaat, teslim ve kullanım olarak tanımlamıştır.

Çalışmada yapı üretim süreci yapı üretim talebinden kullanım sürecine kadar gerçekleşen iş ve işlemlerin tümü olarak ele alınacaktır. Bunlar; talep, planlama, tasarım, yapım, teslim ve kontrol aşamalarıdır. Yapı üretim süreçlerinin dijital dönüşümü kapsamında etkili olan güven, şeffaflık ve ispat edilebilirlik (kavramsallık) talebinin yapı üretim süreçlerinin karar mekanizmalarında karşılığı ve bu yönde geliştirilen bilgi ve iletişim teknolojileri ele alınmaktadır.

İnşaat sektörü insani talep ihtiyaçlarına cevap verebilmek için pek çok zorlukla baş etmek durumundadır. İnşaat sektörünün karşılaştığı ilk zorluk güven meselesidir (Wang ve ark. 2017).

Berkeley Üniversitesi blockchain eğitim videolarında dijital çağda güven kavramını "Güven olmadan güven (It's Trust-Without Trust)" anlayışıyla açıklamaktadır (Anonim 2020b). Bu anlayış niteliksel, insani karar temelli güven yerine; teknolojik imkanlarla

niceliksel, ispat edilebilir kararların hâkim olduğu, bilgiye duyulan güveni savunmaktadır.

Çok ortaklı yapı üretim sürecinde iletişim, tedarik zincirleri, bilgi paylaşımı, paydaş seçimi gibi aşamalar merkezi deneyimsel kararlara bağlı gerçekleşmektedir. Her yeni projede farklı ihtiyaçları olan yapı üretiminde sistematik şekilde işleyen güven ağı kurmak oldukça zordur. İhtiyaç duyulan güvenin sağlanması ise uzun yıllar almakta veya yüksek riskler alınarak üretim süreçleri gerçekleştirilmektedir.

"Risk alma ve güven duyma davranışları madalyonun iki yüzüne benzemektedir " (Deutsch 1958). Bu bağlamda yüksek seviyede güven olgusuna ihtiyaç duyan yapı üretim süreçleri aynı oranda risk alarak yönetilmektedir. Alınan risklerin doğru yönetimi bilgiye dayalı rasyonel yaklaşımlarla ve örgütlerin sahip olduğu bilgi ve iletişim teknolojisiyle doğru orantılıdır.

Yapı üretiminin dijital dönüşümünde önemli bir diğer faktör olan şeffaflık ise tüm proje ortaklarının talep ettiği veri ve bilgiyi eş zamanlı izlenebilir kılmakla mümkündür. Nijhof ve ark. (2009) çalışmasında inşaat sektörü için kaliteyi süreç boyunca şeffaf olmakla ilişkilendirmiştir. Proje katılımcılarını süreç içerisinde motive etmek, etkinliklerini sağlamak için izlenebilirlik şeffaf olmak önemlidir (Nijhof ve ark. 2009, Dai ve ark. 2015). İnşaat sektöründe süreç şeffaflığı sorunu çoğunlukla yanlış iletişim ve koordinasyondan kaynaklanmaktadır (Koskela ve Howell 2002). İletişim eksikliği beraberinde kalitesiz üretim, anlaşmazlık kaynaklı fazladan maliyet ve zaman kaybını getirmektedir. Sonuç olarak üretim aşamalarında güven, şeffaflık ve ispat edilebilirliğin sağlanması temelde bilgi ve iletişimin doğru şekilde yönetilmesiyle sağlanmaktadır. Bilgi ve iletişim yönetim talebi bilgisayar destekli üretim teknolojileri çalışmalarını arttırmaktadır.

Günümüzde kullanılan bilgisayar destekli üretim teknolojilerinin kökeni kökeni 1960'lı yıllarda MIT-Boston Üniversitesi laboratuvar çalışmalarına dayanmaktadır (Daniotti ve ark. 2020). Çalışmalarda ürüne yönelik modelleme anlayışıyla yazılım-kullanıcı etkileşimli, modüler tasarımlı günümüz BIM ve CAD uygulamalarının temelleri

atılmıştır. Yirmi birinci yüzyılın başlarına kadar ICT kapsamında geliştirilen CAD teknolojisi yalnız tasarım aşamasında etkili olmaktadır. Bütünleşik üretim ve süreç yönetim anlayışının gelişmesiyle birlikte tüm yapı üretim aşamalarının bir ortamda gerçekleştirildiği BIM teknolojisi ve ona entegre yazılımlar geliştirilmektedir.

2.2.5. Risk odaklı yönetim anlayışının yapı üretim süreçlerine etkisi

Üretim sektörlerinde teknolojik gelişmeler, belirsizlik kavramlarıyla ilişkili olan risklerin yönetilme isteğiyle geliştirilmektedir (Tupa ve ark. 2017). *2.1.3 Risk Odaklı Yönetim* başlığında açıklandığı üzere risk odaklı yönetimin risk yönetiminden farkı; teknolojik gelişmelerin sağladığı kolaylıklarla örgütlere stratejik yollar sunabilmektir. Öte yandan teknolojik yatırımlar proje süreçlerinde yeni bir risk olarak bilinmezliğe yatırım yapmak anlamına gelmektedir (Renn ve Benighaus 2012). Bu bağlamda risk odaklı yönetim, proje sürecinde meydana gelen riskleri yeni bir risk ile yönetmek; teknolojik destekle yönetmek ve bundan başarı elde etme çabasıdır. Elkington ve Smallman (2002) çalışmasında risk yönetim başarısı ve proje başarısı arasında güçlü bir bağ olduğunu vaka incelemesiyle ortaya koymuştur.

Andersen ve ark.'a göre (1995) proje başarısı:

- Yönetim desteği: Detaylı proje planı, tanımlı bir kontrol mekanizması
- İletişim: Proje yaşam döngüsü boyunca müşteri danışmanlığı ve sorumluluk
- Teknik olarak yetenekli ve yetkin proje ekibi
- Proje yöneticisinin belirsizlikle başa çıkma becerisi, performansla ilgilenilmesi ve etkili risk yönetim uygulamaları gibi kritik faktörlere bağlıdır.

Buna bağlı olarak yapı üretim süreçlerinde yönetim, iletişim, belirsizlik ve risk yönetim alanlarında yapılacak iyileştirmeler proje başarısını beraberinde getirmektedir.

Jha ve ark.'a göre (2004) proje başarısı zamanlama, maliyet, kalite ve anlaşma olmak üzere dört faktöre bağlıdır. Dijital çağda geliştirilen bilgisayar teknolojileri; literatürde bahsedilen başarı faktörlerinin sağlanması için gerçekleştirilen risk yönetimini aktif olarak gerçekleştirmektedir (Kuşan ve Özdemir 2008).

Sonuç olarak risk odaklı yönetim anlayışı teknolojik yatırımları desteklemektedir. Bu anlamda çalışma; risk odaklı yönetimlerin başarısı, yapı üretim sürecinde kullanılan teknolojilerin oranı ve başarısıyla ilişkilendirilmiştir. Risk odaklı yönetim anlayışının gelişmesiyle birlikte, yapı üretim süreçlerinde teknoloji kullanımları artmaktadır.

2.2.6. Yapı üretiminde süreç teknolojileri

Geleneksel yapı üretim süreçlerinde sorun ürünün görselleştirilerek modellenmesi iken günümüzde bilgi yönetimi önemli hale gelmiştir (Turk ve ark. 2017). Daniotti ve ark. Yapılı Çevrenin Tasarım İnşaat ve Yönetim Süreçlerindeki Dijital Dönüşümü (2020) adlı kitabında yapı üretim süreçlerinde gerçekleştirilen dijital dönüşümü; Bütünleşik Süreç Yönetimi, Tasarım Aşaması, Uygulama Aşaması, Yönetim Aşaması, İnceleme ve Analiz Aşaması olarak beş kategoride ele almıştır.

Çizelge 2.6. İnşaat sektöründe dijital çağ süreciyle birlikte kullanılan teknolojiler (Daniotti ve ark.'nın (2020) Yapılı Çevrenin Tasarım İnşaat ve Yönetim Süreçlerindeki Dijital Dönüşümü çalışmasından yararlanılarak hazırlanmıştır)

Başlık	**Konu**	**Teknolojiler**
Bütünleşik Süreç Yönetimi		
-İnşaat süreçleri için Ulusal BIM Dijital Platformu	INNOvance Projesi: Ulusal düzeyde tüm inşaat süreçleri için BIM uygulaması referans alınarak geliştirilen veri ve bilgi paylaşım platformu.	CAD, BIM, AI (Yapay Zeka), Bulut teknolojisi
-Çevre İnşasında Buluttan BIM Modeline: Projede Rekabet Edilebilirlik için İhale, İnşaat ve Yönetimde Sayısallaştırılmış Süreçler	Yapı yaşam döngüsünde ölçme ve modelleme yöntemleri kapsamında yapılı çevrenin farklı elemanlarını BIM modeline nokta bulutu teknolojisiyle tanıtılması ve bütünleşik yönetiminin gerçekleştirilmesi.	BIM, Nokta bulut teknolojisi, GIS (Coğrafi Bilgi Sistemi), LOD (Nesne Detay Seviyesi)
-Blockchain Entegrasyonu Yoluyla İnşaat Sözleşmesinin Yürütülmesi	Yapı üretim süreci boyunca bilgi akışının şeffaflığı ve güveni için blockchain teknolojisi ve BIM'in ihale aşamasında kullanılması.	BIM, Blockchain teknolojisi, Akıllı sözleşmeler.
-BIMReL: Birlikte Çalışabilir BIM Veri Kitaplığı ve Yapı Ürünleri Paylaşımı	BIMReL: İnşaat ürünlerinin teknik ve ticari bilgilerinin dijital ortak bir ağda (BIM) kullanılması, paylaşılması ve böylelikle çevresel sürdürülebilirliğe zaman, maliyet tasarrufu ile katkı sağlanması.	BIM, Bulut teknolojisi, CAD, GIS, PDM (Ürün veri yönetimi), FM (İletişim teknolojisi)
-BIM Odaklı Veri Derlemesinde Yapı Yaşam Döngüsü: Destekleyici Bir Çerçeve Uygulayıcıları	Yapı yaşam döngüsü boyunca tek bir BIM ortamında oluşturulan bilginin aktörler arasında alışverişi.	BIM, ICT
-BIM Platformunda Kimyasal Yapı Ürünleri için Karar Alma	Yapının onarım, yenilenme ve restorasyon sürecinde malzeme özelliklerinin BIM ortamında sayısallaştırılması.	BIM, LOD

Çizelge 2.6. İnşaat sektöründe dijital çağ süreciyle birlikte kullanılan teknolojiler (devam)

-Endüstri 4.0 için Elektrikli BIM Eklenti Nesneleri	Nesnelerin dijitalleştirilmesiyle eklenti ürünlerinin teknik özelliklerinin BIM ortamında saklanılması	BIM
-Da.Ma.Tra: Malzeme İzlenebilirliği Veri tabanı	Biyo ve tarımsal atık temelli malzemelerin kullanılması ve izlenilmesi için web tabanlı dijital platform prototif geliştirilmesi.	BIM, ICT, SaaS (Hizmet Olarak Yazılım), Hyper güvenlik ara yüzü, Bulut teknolojisi
-Bilgi ve Proje Yönetimi için Doğal Dili İşleme	Bilgilerin modellemesi için metinlerin sayısallaştırılarak dijital ortamda işlenmesi.	NLP (Doğal Dil İşleme), ML (Makine Öğrenimi), AI
-Standart UNI 11337: 2017' ye göre Genel Sözleşme Özellik Bilgilerinin Yapılandırılması	Yapı sürecindeki belgeleri bilgi modelleme ve proje yönetimi alanında kullanılması için sayısal verilere çevrilmesi.	NLP, BIM, GIS, LOD, MDV (Model Görünüm Tanımı)
Tasarım Aşaması		
-Çakışma Algılama ve Kod Kontrolü İtalyan BIM Pazarı Platformu	BIM ortamında modellerin çakışmasını, ürün kodlarının oluşturulması, yönetilmesi ve verilerin ortak ağda paylaşılması.	BIM, CDE (Ortak Veri Ortamı), MDV
-Optimizasyon için Dijital Kültür	Yapı üretim sürecinde duyusal insan kararları ve sayısal veri ortaklı teknolojik tasarım aşamaları	Rhino ve Grasshopper (Topoloji ve simülasyon teknolojileri), Nokta bulut teknolojisi, Liwa (veri arşiv webi), Hareket yakalama sensörü
-Özel Akustik Yüzeyler için Performansa Dayalı Tasarım Yaklaşımı	EcoAcustica isimli modelle ses ile yaratılmış simülasyonla ölçülen akustik performans kriterlerinin tasarım aşamasına entegre edilmesi	Işın İzleme Teknolojisi, Rhino3D ve Grasshopper, Wood-Skin (Dijital destekle üretilen teknolojik mimari malzemeler), 3 boyutlu yazıcılar, FEA (Sonlu eleman analizi) yazılımı, CNC (Bilgisayarlı Nümerik Kontrol) yazılımı

Çizelge 2.6. İnşaat sektöründe dijital çağ süreciyle birlikte kullanılan teknolojiler (devam)

-Arte Sella Land Sanat Parkı için Dijital Tasarım ve Ahşap Mimari	Üretim süreçlerini dijital ortamda tamamlamış ahşap mimari örneği.	CNC-router (Bilgisayar kontrollü kesme makinesi) CAD/CAM, VR, BIM
- Mimarlık ve Mühendislik Firmalarının Süreçleri ve Organizasyon Yapılarında Dijitalleşmenin Etkisi	Süreç odaklı anlayışla dijital dönüşümünü gerçekleştirmiş İtalya ve Kanada'da bulunan firmaların, yeni süreç ve organizasyon anlayışlarının incelenmesi.	BIM, SNA (Sistem ağ mimarisi), ICT
Uygulama Aşaması		
-Yapı Süreci Müteahhitleri için BIM Yönetim Yönergeleri	İş akışları, operasyon ve bakım süreçlerinin BIM tabanlı modelle iyileştirilmesi ve müteahhit ve diğer inşaat paydaşları için adım kılavuzunun oluşturulması	BIM, CDE, EIR (İşveren bilgi gereksinimleri yazılımı), ARCHIBUS (Tesis yönetimi yazılımı)
-İnşaat Şirketleri için BIM Metodolojisi ve Araçları (Yeşil BIM Projesi)	KOBİ'lere sürdürülebilir şantiye süreçleri için BIM' in tanıtılması	BIM, EIR, BEP (BIM hızlı planı), CDE, QTO (Miktar çıkış yazılımı)
-Uyarlanabilir Kaplamalar: Yeni Malzeme Yönünde Sistemler	Akıllı mimari malzeme sistemlerinin tasarım, simülasyon ve üretim aşamalarında teknolojiye dayalı çözümlerin kullanılması	Wood-Skin, Ladybug (Üç boyutlu arayüz programları), Grasshopper, Robotik yazılımlar, FEM (Sonlu elemanlar yöntemi) yazılımları, CNC-router
-Tek Kullanımlık Karbon Üretimi için Fiber Kalıplar Sisteminin Geliştirilmesi	Karmaşık geometrik yapı kalıplarının ve malzemelerinin zaman, maliyet tasarrufu için tek kullanımlık karbon fiber malzemeli kalıpların robotik üretimle oluşturulması.	Robotik kesme teknolojisi, algoritmik programlamalar

Çizelge 2.6. İnşaat sektöründe dijital çağ süreciyle birlikte kullanılan teknolojiler (devam)

Yönetim Aşaması		
-Yerel Miras Bilgilerinin Modelleme ve Yönetimi Üzerine Araştırma, Perspektifler	Yerel tarihi binaların korunması ve yönetimi için BIM teknolojisiyle gerekli bilgilerinin saklanması, yönetilmesi ve dijital bir ortamda bu alanda ortak bir ağın oluşturulması	BIM, BHIMM projesi (Yerel miras bilgi modelleme yönetimi), nokta bulut teknolojisi, LOD, CDE, GIS
- Tarihi Varlıkların Dijital Yönetimi	Yapılı çevrenin mevcut yaşam döngü bilgilerinin dijital ortamlara aktarılması ve koruma, yenileme, restorasyon gibi süreçlerde kullanılması	Büyük veri yazılımı, BIM, ICT, DAM (Dijital Varlık Yönetimi), BPM (İş Süreç Modellemesi), Blockchain teknolojisi, Akıllı sözleşmeler, ICT, ML (Makine Öğrenimi), ANN (Yapay Sinir Ağları), DSS (Karar destek sistemi), sensörler, Dijital ikiz teknolojisi
-Tesis ve Mülkü İyileştirmek için Bina ve Bölge Veri Organizasyon Yönetimi	Gayrimenkul yönetimini kolaylaştırmak, kullanıcıların binanın teknik idari ve bakım hizmetlerine hızlı şekilde ulaşılabilmesi için kullanılan teknolojiler.	BIM, DIM (Bölge Bilgi Modeli), DBMS (Veri tabanı Yönetim Sistemi), AIM (Varlık Bilgi Modeli)
-Hizmet İnovasyonu için Tesis Dijital Dönüşümü ve Yönetimi (FM): IoT ve Büyük Veri	İnşaat yönetim maliyetlerini düşürmek, performans ve kaliteyi arttırmak için kullanılan teknolojik uygulamalar	ICT, BDM (Büyük Veri Yönetimi), IoT, Sensörler, GPS, GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi), PED (Fiziksel Varlık Alanı), SCD (Algılama ve Kontrol Etme Alanı), OMD (İşlemler ve Yönetim Alanı), RAID (Kaynak Erişimi ve Değişim Etki Alanı), ASD (Uygulama ve Hizmet Alanı)

Çizelge 2.6. İnşaat sektöründe dijital çağ süreciyle birlikte kullanılan teknolojiler (devam)

-İlk Yardım için BIM Dijital Platformu: İtfaiyeci, Polis, Sağlık Görevlisi	Acil durumlarda uzmanların vakit kaybetmeden müdahalesi için yapının BIM ortamında iç mekan navigasyonunun oluşturulması	BIM, GIS, Webgis (Web tabanlı coğrafi bilgi sistemi), AR, Beacon (Düşük enerjili bluetooth aracı) teknolojisi
-Eş Zamanlı Algılamanın Enerji Verimliliği, Konfor, Sağlık ve Kullanıcı Davranışı Üzerindeki Etkisi	Pasif bina teknolojilerinin geliştirilmesi için bina sistemlerinin olağan dışı davranışlarında eş zamanlı teknolojilerle algılanıp sonuçlardan veri ağı oluşturulması	BIM, Pearson (Kişiselleştirilmiş hizmet) teknolojisi, IoT, PIR (Kızıl ötesi hareket sensörü) teknolojisi
-Sağlık Hizmet Tesisleri için Dijital 3B Kontrol Odası	Karmaşık yapı üretim süreçlerinin Tesis Yönetim Platformu modeliyle BIM ortamında yönetilmesi	BIM, IoT, CAFM (Bilgisayar destekli tesis yönetim) teknolojisi, CDE
-Mülk ve BIM'ın Entegre Yönergeleri ve Halka Açık Üniversite Tesisinin Yönetimi	Kamu müşterisinin iş ve hizmet satın alma yönetimini mimari departmandan başlayarak BIM tabanlı ortamda gerçekleştirmek	BIM, COBie (Performansa dayalı tesis varlık yönetimi) yazılımı
-Bina Yönetim Sistemi için BIM ve Kullanım Sonrası Değerlendirmeler: Zayıf Yönler ve Fırsatlar	Tedarik ihtiyaçları, kullanıcı davranışları gibi verilerin BIM tabanlı ortamlarda ölçülmesi ve kullanım sonrası değerlendirmeler kapsamın toplanması	BIM, IoT, Sensörler, ANN
İnceleme ve Analiz Aşaması		
-Gelenekselden Dijital Alana: 2008–2019 Milano Tarihi Katedral Araştırmaları	Milano Katedralinin 2008-2019 yılları arasında güncel teknolojiler ile iyileştirilmesi	BIM, CAD, Archicad, Fotogrametri, VR, AR, Nokta bulut teknolojisi, DSM (Dijital yüzey modelleri), Lazer tarayıcılar, PostgreSQL (Veri taban yönetim sistemi)

Çizelge 2.6. İnşaat sektöründe dijital çağ süreciyle birlikte kullanılan teknolojiler (devam)

-Aziz Mark Bazilikası'nın 3 Boyutlu Modeli Venedik'te	San Marco 3B Projesinin Venedik Bazilikası'nın modellenmesi ve tüm bilgilerinin dijital ortama aktarılması	Fotogrametri, Geomatik (coğrafi veri arşivi), Nokta bulut teknolojisi, Lazer tarayıcılar, NURBS (Organik formlu yüzeylerin matematiksel gösterimi) yazılımı, BIM
-Çoklu Görüntülerin 2B/3B Modellenmesi için Otomatik İşlenmesi	Dijital görüntülerin işlenerek detaylı coğrafi modellemelerin gerçekleştirilmesi	Uzaktan algılama sensörleri, Fotogrametri, GNSS (Küresel navigasyon uydu sistemleri), GCP (yer kontrol sistemleri), SfM (Hareketten yapı) tekniği, Nokta bulut teknolojisi, Kamera, MIRA (Çoklu görüntü hizalama)
-Coğrafi Referanslama için Akıllı Enerji Bölgesi Senaryolarına ve Kentsel Enerji Talep Profillerine Doğru Bir Tahmin	Öngörülemeyen akıllı enerji sistemlerinin teknolojik araçlardan el edilen verilerin coğrafi alanlara kodlanması, kentsel ölçekte standart planlamaların oluşturulması	GIS, TRNSYS (Enerji mühendisliği bina simülasyon aracı)
-UNESCO Mirası Sacri Monti'nin Korunması ve Kıymetlendirilmesi için İleri Dijital Teknolojiler	Miras alanlarının koruma, bakım, yönetim ve izleme gibi aşamalarının bilgi teknolojileri yoluyla iyileştirilmesi	Nokta bulut teknolojisi, Bilgisayar destekli çizim/modelleme araçları, BIM, BIM3DSG (Kültürel miraslar için oluşturulmuş geçici web sistemi), PostgreSQL

Çizelge 2.6.'da gösterildiği üzere yapı üretim süreçlerinde geliştirilen teknolojiler temelde; dijital yazılımlı araçlar, yapay zeka teknolojisi, sensörler, sanal gerçeklik, 3B yazıcılar, web teknolojileri, bulut teknolojileri, matematiksel analiz-karar yazılımları vb. bilgisayar destekli teknolojilerdir. İnşaat sektöründe bu teknolojiler ağırlıklı olarak BIM ve CAD ortamlarına uyarlanmış yazılımlarla kullanılmaktadır. Çizelge 2.6.'da blockchain kullanımı ihale yönetiminin akıllı sözleşmeler ile BIM ortamında gerçekleştirildiği görülmektedir. Bahsedilen teknolojilerin BIM ortamını tercih sebebi disiplinler arası çalışmanın ve çoklu iş süreç yönetimleri için elverişli olmasıdır.

Böylelikle bilgi ve iletişim eş zamanlı sağlanarak buna bağlı oluşacak risklerin önüne geçilmektedir.

İnşaat sektöründe bütünleşik süreç yönetim anlayışıyla birlikte geliştirilen BIM, tüm süreç ve ortaklarının eş zamanlı tek bir ortamda çalışmasına imkan sağlayan dijital çalışma ağıdır.

"BIM, mimarlık, mühendislik ve inşaat profesyonellerinin binaları ve altyapıları daha etkin şekilde planlamaları, tasarlamaları, inşa etmeleri ve yönetmelerine yönelik kavrayış ve araçları sağlayan akıllı bir 3D model tabanlı süreçtir" (Anonim 2020a).

Bütünleşik çalışmayı sağlamak adına bilgi ve iletişim yönetimi için gerekli veri analiz ve kontrol sistemi kritik role sahiptir. Başyazıcı (2020) çalışmasında BIM'in yapı üretim süreçlerinde en çok 3D görselleştirme için kullanıldığını, en düşük ise veri temelli yapı yaşam döngüsüne değer yaratacak analizler ve proje yönetim birimlerinde kullanıldığı sonucuna anket çalışmasıyla varmıştır.

Bütünleşik çalışmayı sağlamak adına geliştirilen OpenBIM anlayışı, BIM ortamında üretilmiş farklı disiplinlerden elde edilen verileri ortak dosya formatına çevirmek için IFC (Industry Foundation Classes) yazılımları geliştirmiştir. Bu yazılımlar BIM standartlarını belirlemek adına, destekleyici bilgi ve belgeleri yayınlamak amacıyla kurulan buildingSMART bünyesinde yürütülmektedir.

Yapı üretim süreçlerinde karşılaşılan temel risk kaynaklarından biri olan sözleşme yönetimi bilgi ve iletişim koordinasyonu kapsamında yönetilmektedir. Tedarik zinciri, paydaş seçimi, değişiklik, çakışma, performans gibi üretim süreç dokümanlarının iyi yönetilmesi proje başarısını doğrudan etkilemektedir (Andersen 1995). Bu amaçla proje bilgi ve her türlü dokümanı tek bir bulut tabanında toplayan ve yapı üretim süreçlerini bütünleşik şekilde yönetmeyi sağlayan BIM 360 geliştirilmiştir. Doküman yönetimi için geliştirilen ve Türkiye inşaat sektöründe kullanılan yazılımlar Çizelge 2.7.'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.7. Kullanılan temel doküman yönetimi ve koordinasyon teknolojileri (Başyazıcı 2020)

Yazılım araçları	**Kullanım yüzdesi**
Autodesk Navisworks	%53,25
Autodesk BIM 360	%30,91
Aconex	%20
Solibri Model Viewer	%6,23
Tekla BIMsight	%4,42
Projectwise	%3,90
Syncro	%3,64

Öte yandan günümüzde BIM ve geliştirilen entegre yazılımlar bilgi ve iletişim konusunda etkin bir yorumlama, uyarı ve arşiv araç seti sağlayamamaktadır (Penzes 2018, Nawari ve Ravindran 2019)

Nawari ve Ravindran'ın (2019) yaptığı çalışmada yapı üretim süreçlerinde BIM'in yetersiz kaldığı alanları belirtmiştir. Bunlar; model değişiklik arşivleri, karşılaştırmalı sapma raporları, detaylı ve açık model şablonları, tasarım hakkında pratik uyarılar, sorumlulukların ve yükümlülüklerin atanması, fikri mülkiyetlerin korunması, risk taksisi/tepkisi, mahremiyet ve üçüncü taraflara sağlanan güven eksikliği alanlarında yazılım desteğinin eksikliğini belirtmektedir.

Üretim süreçlerinde kullanılan teknolojiler incelendiğinde (Çizelge 2.7.) bilgi ve iletişim temelli teknolojilere ihtiyaç yoğunluktadır. Dijital çağın uzantılarından biri olan blockchain teknolojisi sağladığı güvenli, şeffaf ve ispat edilebilir süreçlerle birlikte BIM ortamının yetersiz kaldığı alanlarda dağıtık bilgi ve iletişim ağ teknolojileri olarak ön plana çıkmaktadır.

2.3. Blockchain Teknolojisi

Günümüzde Endüstri Devrimi'yle birlikte üretimde başarı ve buna bağlı rekabet edebilme kaygısı yenilik ve teknolojik gelişmeleri beraberinde getirmektedir. İnşaat sektöründe ortak seçimleri, iletişim, taraflar arasında güven, işleyişin denetimi, veri güvenliği vb. işlemlerde maliyet, zaman ve kalite temelli kaygılar proje başarısını doğrudan etkilemektedir.

Üretimde odak nokta; üretim isteğinden, üretken olma anlayışına daha sonra üretkenliğin otomasyon ve iletişim talebiyle siber-fiziksel (Bilgisayar tabanlı kontrol ve izleme algoritmaları) ağ teknolojilerine kaymıştır (Mrugalska ve Wyrwicka 2017, Sima ve ark. 2020). Dijital ağlar, pek çok kısıtlamayı ortadan kaldırarak üçüncü bir otoriteye, merkezi sistemlere bağlı kalmaksızın tarafların iletişimlerinin doğrudan, şeffaf ve güvenilir hale getirme fikriyle ortaya çıkmıştır. Bu fikirle geliştirilen dijital ağ teknolojilerinden biri blockchain teknolojisidir.

Çalışmanın bu bölümünde blockchain teknolojisinin tanımı, üretim süreçlerinde ve yapı üretim süreçlerindeki kullanımı konu edinmektedir. Yapı üretim sürecinde kullanılan blockchain teknolojisinin uygulamalar üzerinden başarısı, avantaj/dezavantajlı yönleri çıkarımıyla risk odaklı yönetim anlayışının inşaat sektörüne uygulanabilir oluşu araştırılmaktadır. Son olarak blockchain teknolojisinin yapı üretim süreci boyunca temel risk kaynakları olan sözleşme yönetimi alanında karşılığı araştırılmaktadır. Blockchain teknolojisi ile elde edilmiş akıllı sözleşmeler, geriye dönük değiştirilemez, ispat edilebilir iş ve işleyiş kimlikleri ile paydaş seçimleri ve tedarik zincir yönetimlerinin karar aşamalarından ve otomasyonunu sağlatan akıllı sözleşmelerden bahsedilmektedir.

2.3.1. Blockchain nedir

Geriye doğru izlenebilir, kriptografik (şifreli) ve rasyonel veriye dayalı güvenle blok zincir oluşturma fikri ilk olarak 1991 yılında Haber ve Stornetta tarafından ortaya atılmıştır (Crosby ve ark. 2016). Daha sonra bu fikir 2008 yılında Nakamoto (2008) takma isimli kişi tarafından "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" adlı çalışmasıyla

blockchain kavramını yayınlanmış ve finans sektöründe devrim yaratmıştır. Çalışma finans sektöründe para alışverişi hakkındaki pek çok soruna potansiyel çözümler, üçüncü taraflar olmaksızın, kripto paralardan ilki olan Bitcoin'i merkezi dağıtılmış sistem teknolojilerinde kullanımını içermektedir.

Wu ve ark.'a (2017) göre blockchain, dağıtılmış bir defter kullanan coğrafi olarak birden fazla alana yayılmış, eş zamanlı konsensüs (fikir birliği) olarak dijital veri paylaşım ortamıdır. Bu veriler merkezi bir yönetici, karar mekanizması veya merkezi arşivle saklanmaz. Gerekli iş ve işleyiş bilgileri önceden belirli taraflara yönetilebilir, şeffaf ve şifrelenmiş halde dağıtılmıştır. Bu durum dağıtılmış defter teknolojisi olarak tanımlanmaktadır.

Doğantekin (2016)'ya göre blockchain "temel olarak değer içeren verilerin (para, kimlik, değerli kağıtlar vb.) güvenli ve emin şekilde depolanması ve yönetilmesi için tasarlanmış bir teknolojidir."

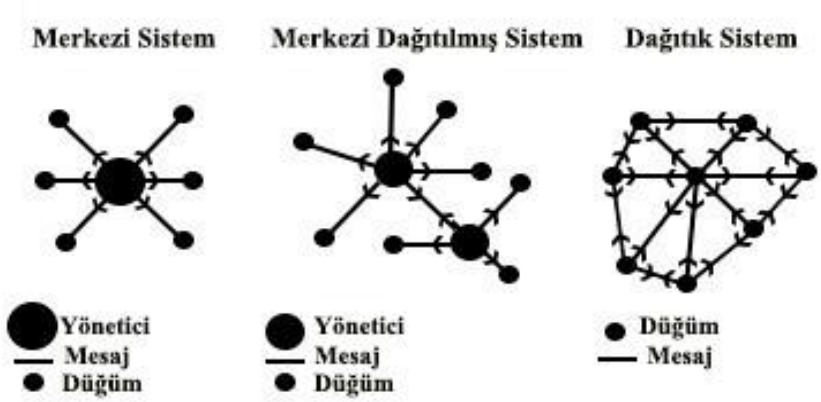
Gürbüz (2019)'a göre blockchain birbirine bağlı halkalardan (bloklardan) oluşan bir ağ zincirini ifade eder. Şifrelenmiş işlem yapma ve takip etmeyi sağlayan bir dağıtılmış veri tabanı sistemidir.

Erdamar (2020) blockchain dağıtık, anonim, şeffaf, şifrelenmiş ve sondan eklemeli şartlarla oluşturulmuş bir veri tabanı olarak açıklamıştır. Günümüzde kullanılan internet ortamı bir bilgi paylaşım prokolüdür. Blockchain ortamı ise değer paylaşım protokolü olarak işlemektedir.

Blockchain sistemi; oluşturulan bağımsız, dağıtık düğümlerin(tarafların) birbirine iş süreçlerini sunması amacıyla oluşturulmuştur. İşlem sırasında tüm bilgilerin; şeffaf, eş zamanlı ve şifreli şekilde iletilmesini sağlayan dijital ortamda gerçekleşen bir mesaj kanalı oluşturulmuştur. Bu sistem her düğüme önceden belirlenmiş hak ve sorumlulukların dağıtılmasıyla işlemektedir. Dağıtık sistem; iki bileşenden oluşan, kararların konsensüsle alındığı bir mantıkla kurulmuştur. İlk bileşene düğüm denir.

Düğümler makine veya işlemleri (tarafları) temsil etmektedir. İkinci bileşen mesajdır. Mesajlar iş ve işleyiş değerine göre değişkenlik gösteren veri türleridir.

Şekil 2.2.'de gösterilen bileşenler arasındaki mesafe fiziksel veya coğrafi olarak yansıtılmıştır. Ok yönleri verinin, mesajlar yoluyla kim tarafından nereye iletildiğini göstermektedir.



Şekil 2.2. Merkezi, merkezi dağıtılmış ve dağıtık veri ağı sistemleri (Baran 1964, Zheng ve ark. 2018, Nawari ve Ravindran 2019, Anonim 2020b)

- **Merkezi Sistem:** Geleneksel iş ve işleyiş süreçlerinde değer sayılabilecek her şey; veriler, yalnız merkezi yönetimlerin son kararı verdiği anlayışa sahiptir. Merkezi sistemlerde (centralized); talep eden ve yönetim arasında gerçekleşen, kararın yukarıdan aşağıya (top-down) tek yönlü işlenerek son davranışın merkez tarafından belirlenmektedir. Veriler tek bir merkezde saklanır, kararlar yöneticinin deneyimine, niteliksel analiz yöntemlerine bağlıdır. Tek noktada toplanan verilerin değiştirilebilir, silinebilir veya tek bir yönetimin elinde oluşu sürecin güvenilirliğine tehdit oluşturmaktadır (Zheng ve ark. 2018, Nawari ve Ravindran 2019).

- **Merkezi Dağıtılmış Sistem:** Merkezi dağıtılmış (decentralized) oluşan riskleri dağıtmak amacıyla birden fazla olacak şekilde dağıtılmış veri yönetim tabanları fikri ortaya atılmıştır (Baran 1964, Nakamoto 2008). Çok merkeze dağıtılmış veri tabanları her paydaşın ihtiyacı olan veriyi birden fazla merkezden alarak karşılaştırmasına; veri kayıp, değiştirme ve yanlış yönetim risklerinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Son davranış tüm merkez kararlarının toplamıyla verilmektedir.

- **Dağıtık Sistemler:** Dağıtık ağ sistemleri (distributed) ise her paydaş herhangi bir merkeze bağlı kalmadan kendi kararını verebildiği yönetim şekilleridir. Veriler önceden belirlenmiş kişilere, önceden belirli konsensüs kararlarıyla değiştirme, paylaşma ve ekleme yapabileceği şekilde dağıtılmaktadır. Veriler ve tüm değişiklikler birden fazla kişide şeffaf, şifreli ve değiştirilemez haliyle saklanmaktadır. Böylece alınan kararlarda ileride oluşacak anlaşmazlık ve veri kayıplarına bağlı risklerin büyük ölçüde önüne geçilmektedir. Merkezi yönetime duyulan güven ortamı yerini niceliksel ispat edilebilir güven ortamına bırakmaktadır. Böylelikle risk yönetimleri proje hedefi doğrultusunda yönetilebilmektedir.

2.3.2. Dağıtık sistemlerin avantaj ve dezavantajları

Erdamar (2020) bakkallarda kullanılan veresiye defterleri ve işlemlerini, merkezi ve dağıtık veri tabanları arasındaki farkı anlatmak için bir örnek olarak kullanmıştır. Örnekte veresiye defter sayfaları ve sayfadaki işlemleri dağıtık sistemlere tarih sırasına göre entegre edildiği varsayılmaktadır. Sayfalara sıralı şekilde numaralar verilmiştir. Sistemde bu defteri görebilme ve işlem hakkı yine tarafların önceden konsensüsle belirlediği şartlara göre dijital ortamın kanunu olan kodlamalar gerçekleştirilir. Müşteri kimlikleri ve işlemleri kriptografik (şifreli) şekilde yine kronolojik bir sırayla işlenmektedir. Böylelikle eklenen, silinen veya değiştirilen her borç tüm bakkal müşterine eş zamanlı, şeffaf şekilde iletilip paylaşılabilir ve yedekli hale getirilmektedir. Yapılacak işlemler ileriye dönük olup geçmişte gerçekleştirilen hiçbir işlem silinemez; ancak ekleme veya düzeltme yapılabilir. Böylelikle alacak-verecek işlemleri bakkal sahibinin karar ve davranışına bırakılmadan; şeffaf, ispat edilebilir ve coğrafi kısıtlamalara takılmadan güvenilir ortamlarda gerçekleştirilir. Bu sistemle pek çok anlaşmazlığın ve rutin prosedürlere bağlı zaman, maliyet kayıplarının önüne geçilebilmektedir.

Çizelge 2.8. Merkezi, Merkezi Dağıtılmış ve Dağıtık sistem farklılıkları (Polat 2020)

Merkezi Sistem	Tüketimin fazla olduğu dönemdir.
Merkezi Dağıtılmış Sistem	Üreticilerin arttığı dönemdir.
Dağıtık Sistem	Her şeyin ve herkesin üretip tükettiği dönemdir; *türetim* dönemidir.

Çizelge 2.8.'de merkezi, merkezi dağıtılmış ve dağıtık sistemlerin arasındaki farklılıklar üretimin tarihsel gelişimine göre sıralanmaktadır.

Blockchain işleyiş prensibi, dağıtılmış dijital defterlere benzetilmekte ve dağıtık defter teknolojisi olarak (Distrubited Ledger Technology) literatürde bahsedilmektedir (Hampton, 2016, Gürbüz 2019).



Şekil 2.3. Blockchain sisteminin merkezi ve dağıtık ağ sistemlerinde konumlandırılması (Anonim 2020b)

Dağıtık veri tabanları sırasıyla; dağıtık defterler (akıllı defter teknolojisi) ve blockchain teknolojisini kapsamaktadır (Şekil 2.3.). Dağıtık sistemlerin avantajları ve dezavantajları şunlardır (Berke 2017, Murck 2017, Tucker ve Catalani 2018, Anonim 2020b, Polat 2020):

1. Merkezi bir sistemde sorun olabilecek herhangi bir aksaklıkta, verilerin tek bir makinede/kişide bulunması geri dönülemez sonuçlara yol açmaktadır. Veriyi dağıtmak yedeklemek anlamına da geldiğinden daha güvenli süreçler geçirilmektedir.
2. Dağıtık sistemin en belirgin özelliklerinden biri eş zamanlılıktır. Bu sistemdeki bileşenler tek bir merkezin aksine verileri eş zamanlı olarak taraflara iletir.
3. Dağıtık sistemler, tek bir zaman diliminde var olan tek bir merkeze bağlı kalmaksızın işlemlerini gerçekleştirebilir.
4. Herhangi bir bileşen başarısız olursa (mesaj veya işlemci) tarafların bu gibi durumlar için hazırladıkları otomasyonlu ön onaylı işlemler devreye girer ve her türlü hatanın, gecikmenin önüne geçilir.
5. Üçüncü taraflara bağlı kalmaksızın anlaşmazlıklar ve hatalar otomasyonlu süreçlerle çözülür. Süreçlerde anlaşmazlıktan kaynaklı gecikmeler, zaman ve maliyet kayıplarının büyük oranda önüne geçilir.

Dezavantajları:

1. Verimsiz ve aşırı enerji kullanımı
2. Olası bağlantı kopuklukları
3. Kimlik bilgilerinin kaybolma tehdidi
4. İşlem sayısına bağlı olarak sistem işlemlerinin yavaşlaması
5. Olası siber saldırı riskleri (şifrelemelerin kuantum bilgisayarları için yetersiz olması)

gibi tehditler ise blokcchain sistemlerinin zayıf alanlarını göstermektedir.

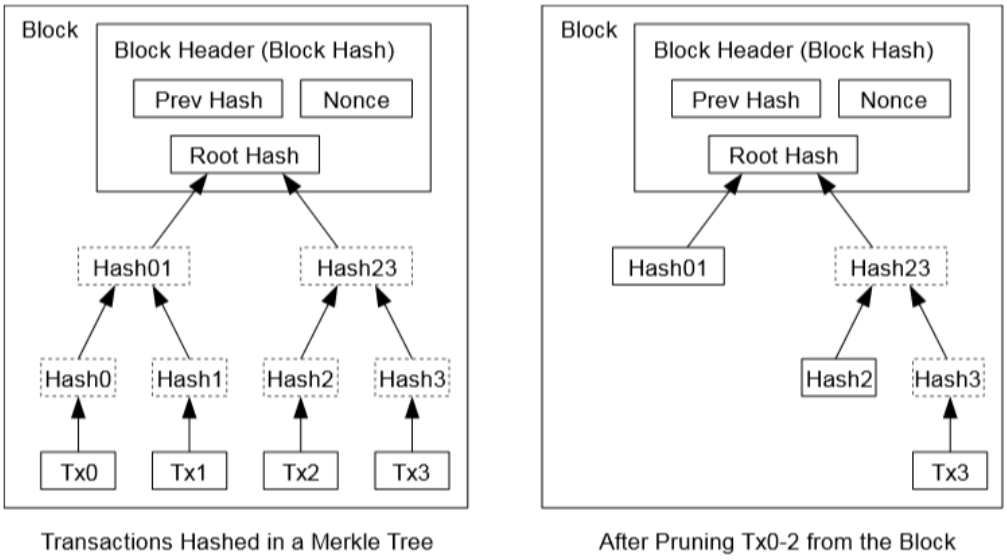
2.3.3. Blockchain işleyiş prensibi

Şeffaflık, kayıtlı, şifreli verilerle ispat edilebilirlik ve bunlara bağlı olarak niceliksel verilere duyulan güven kavramları blokcchain teknolojisinin ana omurgasını oluşturmaktadır. İşleyiş prensibi bu kavramlardan ödün vermeden, dijital ortamlarda ön yazılımlı algoritmaları temel almaktadır.

Blockchain diğer adıyla blok zincirdeki blok kavramı; değer içeren her türlü verinin saklandığı yapılardır (Durbilmez ve Türkmen 2009). Bu yapılardaki veri işlemleri önceden belirli şartlarla oluşturulup işlemler ve onay sürecinden geçmektedir. Blokları

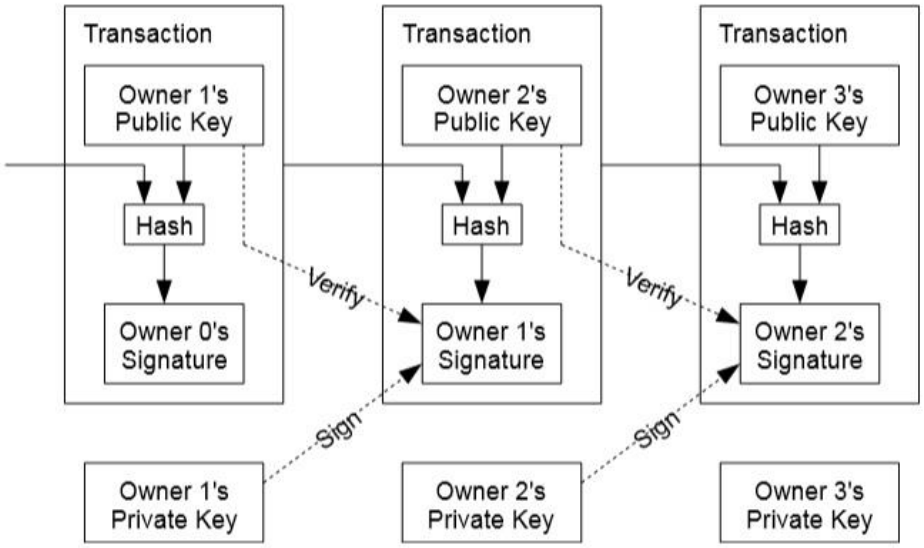
oluşturan veri işlem şartları her proje için değişkenlik göstermektedir; fakat işleyiş prensipleri aynıdır.

Şekil 2.4.'de görüldüğü gibi bir bloğu iki yapı oluşturur oluşur; blok verileri ve blok başlığı. Blok içerisindeki veriler değer içeren herhangi bir içerik olabilmektedir (para transferi, yeni paydaş katılımı, malzeme tedariği, sözleşmede değişim vb.). "Blok başlığında ise en genel bilgiler; tarih, bir önceki bloğun özet değeri (prev hash), iş ispatı için gerekli veri (nonce) ve merkle köküdür." (Durbilmez ve Türkmen 2009).



Şekil 2.4. Blok içi işlem geçmişi (Nakamoto 2008)

Burada oluşturulan iş ve işlemleri tamamlanmış bloklar birbiri ardına kronolojik ve kriptografik (şifreli) şekilde eklenerek bir operasyon zinciri oluşturulur. Operasyon zincirleri blockchain (blok zinciri) adıyla kullanılabilir halde dijital ortamlarda saklanılır. Değer (blok) oluşturmak için sistem paydaşları tarafından belirlenen her proje için değişkenlik gösteren işlem ve ön şartları belirlenir. Bunlar blockchain sisteminin temel özelliklerinden biri olan konsensüsün (uzlaşı) belirlediği algoritmalarla, otomasyonlu veya yine fikir birliğiyle yürütülür.

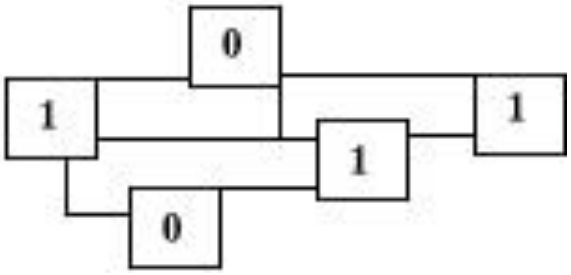


Şekil 2.5. İşlem oluşumu (Nakamoto 2008)

Şekil 2.5.'de blok oluşumunda gerçekleşen bir işlemin işleyişi gösterilmektedir. Tarafların önerilen girdileri (hash) değerlendirir, kriptografik kimliklerle işlem onaylanır ve imzalanır. Bu süreçler ile her adımın değiştirilemez fakat ekleme yapılır halde hafıza yaratılır. Blockchainin vadettiği ispatlanabilirlik ve şeffaflık şartlı kodlar sayesinde yerine getirilmektedir.

2.3.4. Konsensüs algoritmaları

Dağıtık sistemlerle oluşturulan blockchain sisteminde gerçekleştirilen işlemler, düğümler tarafından konsensüs anlayışıyla yürütülmektedir. Konsensüs anlayışı ön kodlarla işlemin çıkarları doğrultusunda yaratılmış bir algoritmadır. Şekil 2.6.'da işleme konulacak bir girdinin (hash) çıktıya dönüşürken izlemesi gereken doğru yolun belirlenme süreci gösterilmektedir. 1 çoğunluk tarafından kabul gören işlem için doğru yoldur. 0 yolundan başlayan veya ulaşan bir işlem 1'e yönlendirilir. Böylece sistemin güvenliği, amacına uygunluğu sağlanmaktadır.



Şekil 2.6. Konsensüs algoritmalarının işleyişi

Şekil 2.6.'da otomasyonlu veya anlık kararların alınması sırasında iş ve işlem yol haritasının konsensüs algoritmasıyla desteklenmesi gösterilmektedir. Konsensüs algoritmaları 3 temel aşamayı takip etmektedir (Anonim 2020b):

1. **Geçerlilik:** Ağ tarafından herhangi bir değerin kararlaştırılma sürecini içermektedir. Kod her zaman 1'in doğru olduğunu söylemez fakat önemli olan çoğunluğun seçimidir.
2. **Anlaşma:** Tüm hatasız süreçlerin aynı değerde olması için yapılan anlaşmalardır. Sonucun tutarlı olması için tüm işlevsel süreçler tartışılıp üzerinde anlaşmaya varılmalıdır.
3. **Sonlandırma/Fesih:** Hatasız tüm düğümlerin sonunda bir değere karar verilmesi gerekmektedir. Sistem sonsuza kadar belirsiz ilerleyemez. Sistemde şartlarla belirli doğru yol, önceden belirlendiği için sistem dışı, beklenmedik durumlarda devreye otomatik fesih işlemleri girmektedir. Fesih garantisi olmadan uzlaşma sağlanamaz. Bir işe başlama motivasyonu sistemin fesih edebilme koduna güvendir. Anlaşmazlıkla oluşacak tüm riskler sistemin otomasyonlu işleyişi sayesinde azaltılarak, iş teşviki sağlanmaktadır.

Geçerlilik ve anlaşma sistemin güvenliği üzerinedir. Uzlaşma sırasında asla olamayacak geçişler belirlenir. Fesih ise verdiği garantiyle blockchain tabanlı projelerin canlılık ve başlama enerjisidir.

2.3.5. Konsensüs şekilleri

İş ve işlem süreçleri boyunca alınacak kararlarda söz sahibi tarafların yetkileri yine sistem tarafından belirlenmektedir. Blockchain sisteminde oylamaya dayalı konsensüs ve Nakamoto konsensüsü olmak üzere iki ana konsesüs şekli mevcuttur. Oylamaya dayalı konsesüs 2008'den önce geliştirilen, tarafların isteyerek veya istemsiz hatalı/bozuk bilgi gönderilse dahi (Bizans Generali Sorunu) fikir birliği kurulan sistemlerdir (Xu ve ark. 2019). Bu güvenlik sorununun önüne geçilmek için Nakamoto konsensüsü geliştirilmiştir. Karar uzlaşmalarında tarafların güvenilirliği yaptıkları iş, sahip oldukları hisse, yanma, alan, yetki, faliyet oranı gibi kriterleri sistem tarafından kayıt altında tutulup tercih edilen kriter doğrultusunda değerlendirilmektedir (Nawari ve Ravindran 2019, Anonim 2020b).

Berkeley Üniversitesi'nin (2020) gerçekleştirdiği Blockchain Teknolojisi başlıklı online ders notlarında Nakamoto konsensüsundaki güvenilirlik kriterleri aşağıdaki başlıklarla açıklanmaktadır:

- **İş Kanıtı (Proof of Work):** Sistem içerisinde çözülmesi gereken iş sorunlarına çözüm getirdiğin kadar güvenilirliğini kanıtlayabildiğin konsesüs kriteridir. Ulaşılan çözüm taraflara sunulur ve kabul edilirse hesaplama gücünün arttırılmasıyla yetki oranı da aynı oranda arttırılır.
- **Hisse Kanıtı (Proof of Stake):** Sistem içerisine yatırılan, sistemin kabul ettiği para/değer kadar tarafların kendini kanıtlayabildiği sistemdir. Taraflar ne kadar sistem parası yatırırsa bir sonraki iş kararında o derece söz sahibi olabilmektedir.
- **Yanma Kanıtı (Proof of Burn):** Sistem hisse kanıtı prensibiyle çalışır fakat taraflardan birinin yanlış adrese gönderdiği para/değer miktarı kadar sistemde söz sahibi olabilmektedir. Sistem hatasından kaynaklı kaybedilen yerel para/değer sistem içerisinde güvenilirlik olarak geri dönmektedir.
- **Alan Kanıtı (Proof of Space):** Yapılan iş büyük ölçüde depo alanı gerektirmektedir. Sistem içerisinde tarafların sahip olduğu belleği ağdakilere sunması süreç boyunca harcanacak enerji ve maliyetlerin önüne geçmek demektir. Bellek alanını sisteme dahil etmek güvenilirliği kanıtlamak olarak kabul edilmektedir.

- **Yetki Kanıtı (Proof of Authority):** Ağa yapılacak olası saldırılarda ağı kontrol edebilmek için kullanılan bir yoldur. Burada ispat edilebilirlik tarafların geçmiş işlerinin kayıtlı kimlikleridir.
- **Faaliyet Kanıtı (Proof of Activity):** İş ve hisse kanıtının birleşimini oluşturan sistemdir. Madenciler (sistemde yalnızca sorun arayıp ürettikleri çözüm kadar ödüllendirilen kişiler) çözümleri sistem taraflarına iletir. Sistem rastgele bir doğrulayıcı tarafı seçer yeni karar onaylanır (taraf yatırdığı para/değer kadar doğruluk oranını arttırır). Daha sonra enerji, zaman tasarrufundan kazanılan para madenci ve taraflar arasında paylaştırılır.

Madenciler için iş yapma motivasyonu ve kaynakları geçmişte hesapladıkları işleridir. Tarafların ise sisteme yatırdıkları yerel para birimleridir.

Konsensüs algoritmaları ve işleyiş prensiplerini anlamak blockchain sisteminde yapılacak iş ve işlem süreçlerinin neye dayandığı, risklerin nasıl azaltıldığı, yönetildiğini tanımlamak gereklidir. Dijital çağda süreç boyunca geçerli iş kanunlarını yani kod işleyişlerini anlamak, hedefine uygun süreç yönetimleri için oldukça önemlidir.

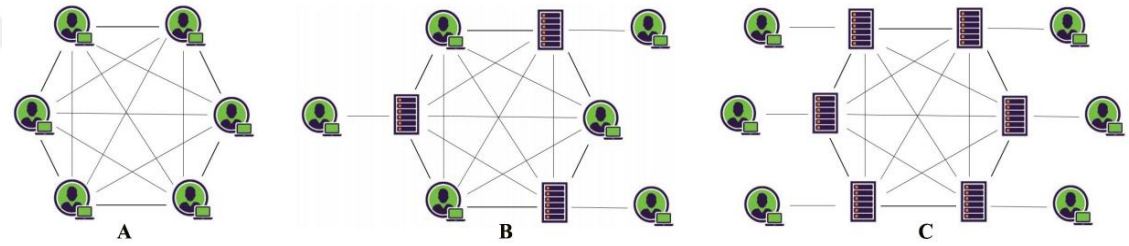
2.3.6. Blockchain türleri

Örgüt yönetimleri blockchain sistemini oluştururken örgüt stratejileri, üretim türleri, dış faktörler ve riskler gibi kavramları göz önüne alarak dijital dönüşümünü gerçekleştirmelidir. Bu sebeple oluşturulmuş çeşitli erişim izinleriyle oluşturulmuş blockchain türleri mevcuttur (Şekil 2.7.):

- **Genel Blockchainler:** Her türlü iş ve işleyiş süreçleri, katılımları halka açık şekilde kodlanmıştır. Ağdaki her kullanıcı verileri okuyabilir, sürece dahil olabilmektedir. Katılım sınırsız olduğundan ölçeklenebilirlik yaşanabilir. İş süreç kararlarındaki onay ve yayılma süreleri uzayabilir, depolama alan sıkıntısı yaşanabilir (Bitcoin, Ethereum ve Ripple).
- **Yarı Özel Blockchainler:** Bir örgütün sistem katılımcıları tarafından belirlenmiş başka kullanıcıyla iletişim kurabilecek şekilde kodlanmıştır. Genellikle yerel

yönetimler, hükümetler (noter, kamu kayıtları, tapu kayıtları) ve karşılıklı iki farklı örgütlerce kullanılmaktadır.

- **Özel Blockchainler:** Tek bir örgüt iç yönetimlerince kararların alındığı, kapalı sistem kodlarıyla oluşturulmuştur. Karar alma süreçleri hızlı, işlem maliyetleri düşüktür.
- **Konsorsiyum Blockchainler:** Konsensüsün önceden seçilmiş taraflarca yönetildiği kodlama sistemidir. Birden fazla örgütün bir araya gelerek iş yürütme sürecini kapsamaktadır. Karar alma, iş süreçlerine dahil olma hakkı halka açık veya örgütlerin belirlediği kişilerce verilmektedir.



Şekil 2.7. Blockchain türleri (A) genel blockchain (B) konsorsiyum blockchain (C) özel blockchain (Wang ve ark. 2019)

İş ve işleyiş hedefine uygun, tercih edilecek blockchain türleri ile süreç boyunca iletişimin, tarafların ve yetki alanlarının belirlenmesi sağlanmaktadır. Hız, iptal ve onay sürecini kontrol etme olanağı gerektiren sistemler açısından özel blockchainler uygunken, geniş katılım, şeffaflık ve üçüncü partilerin onay koşulunu gerektiren sistemler için genel blockchainler daha uygundur (Berke 2017). Özel blockchainler, birden çok tarafın eş zamanlı yer almak istediği ancak birbirlerine tam güvenmediği piyasalarda rastlanmaktadır (Berke 2017). Bu bağlamda inşaat sektörü için özel blockchain sistemleri tercih edilmektedir.

2.3.7. Yapı üretim sürecinde blockchain teknolojisi

Blockchain sadece finansal işlemlerin değil pratikte önemli olan her şeyin kaydedilmesi için programlanabilen sonsuz dijital dağılımlı, ekonomik işlemler günlüğüdür (Tapscott ve Tapscott 2017). Blockchain, finans, bilgi işlem, devlet hizmetleri ve neredeyse her

endüstrinin mevcut dijital operasyonel ortamlarında ve iş uygulamalarında potansiyel olarak devrim yaratabilecek ve dönüştürebilecek yeni bir teknolojidir (Crosby ve ark. 2015). Blockchain teknolojisi endüstrilerde yatırımcı ve müşteri arasında bilgi ve iletişim, kripto para transferleri ve dijital kimlik hizmetlerini vermektedir.

Ülke ekonomilerini doğrudan etkileyen inşaat endüstrisinde blockchain teknolojisi ise yapı üretiminde ihtiyaç duyulan şeffaflık, izlenilebilirlik ve multidisipliner kavramlarının gelişmesi için kaldırıcı güç olma potansiyeline sahiptir (Penzes 2018). İnşaat endüstrisi için ise en muhtemel dijital teknolojilerden biri, dağıtılmış kayıtlar; blockhain sistemidir (Ablyazov ve Petrov 2019).

İnşaat sektörü parçalanmış, dağınık ve karmaşık bir tedarik zincir yönetimine ihtiyaç duymaktadır. Tedarik zinciri yönetiminde kaynak takip, maliyet ve ödeme programı için büyük bir çaba gereklidir (Penzes 2018). Yapı üretim sürecinde karşılaşılan problemlerden bir diğeri ise farklı disiplinlerden paydaşların katılımlarında güven olgusunun niceliksel tabanda olmamasıdır. Bu sebeple çalışmada blockchain teknolojisinin yapı üretim süreci boyunca şeffaflık, izlenilebilirlik ve bütünleşik yönetimi destekleyici bilgi ve iletişim temelli çözümleri konu edinmektedir. Bu yönüyle blockchain teknolojisi niceliksel olmayı, stratejik davranmayı sağladığından risk odaklı yönetim anlayışını da geliştirmektedir.

İnşaat endüstrisinde blockchainin entegre edilmesi pek çok soruna potansiyel çözümler getirmektedir (Wang ve ark. 2017):

- Tüm proje paydaşlarının, proje kaydına açık erişim (halka açık) veya dağıtık depolama ağı sayesinde şeffaflık,
- Dağıtık kriptografik sistem sayesinde verilere erişimde güvenin varlığı,
- Blockchain sisteminde merkezi yöneticilik anlayışı olmadığı için eşit hak, statü ve iş kapasite imkanı,
- İşlem onayları, kararlar için önceden belirlenmiş otomasyonlu veya eşzamanlı kodlama sistemleri gibi çözümler ile yapı üretim süreçlerinde bilgi ve iletişim temelli sorunlara çözümler sunmaktadır.

DLT (Dağıtık defter teknolojisi) ile oluşturulan blockchain sistemi inşaat sektöründe güven ve işbirliğini artırmak için dijital bilgi, yönetim ve sözleşmeler gibi alanlarda kararların değiştirilemez ve şeffaf kayıtlarla alınmasını sağlayabilmektedir.

2.3.8. Yapı üretim sürecinde dağıtık defter teknolojisi

İnşaat projelerinin temeli güven kavramı üzerine kuruludur. Her paydaşın kendi çıkarlarını gözettiği çok ortaklı inşaat projelerinde güven eksikliği, zayıf bilgi alışverişi ve tedarik zinciri gibi koordinasyon zorluklarına bağlı riskler proje kalitesinin doğrudan etkilemektedir. İnşaat projelerinin merkeziyetçi ve proje bazlı yapısı sebebiyle uzun vadede iletişimi sağlamak için çeşitli teknolojilere gerek duyulmaktadır.

Penzes (2018) yaptığı çalışmada blockchain sistemini oluşturan dağıtık defter teknolojilerinin inşaat projelerinde kullanımını BIM için tamamlayıcı bir yazılım olarak bahsetmektedir. Dağıtık defter teknolojilerinin yapı üretim süreçlerinde kullanımı IoT teknolojileriyle ortaklı süreç yönetimleri mevcuttur (Tapscott ve Tapscott 2017, Ye ve ark. 2018, Penzes 2018). Şantiye sahasına veya yapı kontrol aşamasında yerleştirilen sensör verilerinin sisteme aktarılmasıyla erken uyarı, performans, güvenlik gibi ölçümler eş zamanlı, şeffaf şekilde paydaşlara iletilmektedir. Her bir uyarı projenin yönetildiği dağıtık defterlere işlem geçmişi olarak kaydedilmektedir. Bu kayıtlarla paydaş, proje ve yapı kimliği oluşturulmaktadır. Yapı kimliği ile yapı yaşam sürecinde iyileştirme, kontrol, restorasyon, bakım ve yapı sökümü gibi işlerde kaynak oluşturmaktadır. Paydaş kimlikleri ise bir sonraki projelerde diğer paydaşlara güven ve seçim süreçlerinde zaman kazandırmaktadır.

Yapım projelerinin yönetiminde maliyet aşımlarının % 20' sinin verimsiz proje yönetimi ve zayıf proje kontrolü gibi hatalardan kaynaklandığı belirlenmiştir (Anonim 2014). Dağıtık defterler kayıtlı işlem geçmişleri sayesinde yapı üretim sürecinde yönetim, kontrol ve diğer süreçlerde gerekli kararların hızlı ve ispat edilebilir şekilde alınmasını sağlamaktadır. Bu süreçlerden kazanılan maliyet ve zaman proje sürecinde ihtiyaç duyulan diğer çıkar ve deneyime bağlı kararlara aktarılmaktadır. Heiskanen (2017) yaptığı çalışmada 2004 yılında gerçekleştirilen konut projesi sırasında hiçbir katma değeri

olmayan değişikliklerle ilgili analizlerin insan kontrolünde yüksek hata ile yapıldığını bildirmiştir. Rutin işlerin nesnelerin interneti ile elde edilen verilerin ve blockchain sistemine aktarılması ile yapı üretim süreçlerinde verimliliğin artması mümkündür (Gürbüz 2019).

Çalışmanın bir sonraki bölümünde dağıtık defterlerde gerçekleşen yapı üretim süreçlerinde alınan kararların akıllı sözleşmeler ile otomasyonlu, niceliksel hale getirilmesi ele alınmaktadır. Güven kavramını yapı üretim süreci boyunca sürdürebilmek için süreçlerin otomasyonu ve bu teknolojilerin önemi fazladır. Hunhevicz ve Hall (2020) yaptığı çalışmada inşaat projelerinde alınan kararların dağıtık defter teknolojinde gerçekleştirilme çabasının temelde; niceliksel verilerle güvenli süreçleri yönetmek olduğunu ortaya koymaktadır. Dağıtık defterlerde bulunan proje ihtiyaçlarına uygun ön kodlu akıllı sözleşmeler süreç boyunca optimizasyonu ve otomasyonu sağlatmaktadır (Hunhevicz ve Hall 2020).

2.3.9. Yapı üretim sürecinde dağıtık defter teknolojisi ile karar alma

Blockchain sisteminin özelliği sayesinde karar alma ve rutin işleyişlerde harcanılan zaman, enerji ve maliyetten tasarruf sağlanmaktadır (Tapscott ve Tapscott 2017, Gürbüz 2019, Ablyazov ve Petrov 2019). İlk olarak yapı üretim süreçlerinde gerçekleştirilecek her bir işin iletişim şekli *2.3.6 Blockchain Türleri* başlığında bahsedilen genel, yarı özel, özel ve konsorsiyum türleri arasından, proje hedefine göre seçilmelidir. Sistemde her paydaş kriptografik (şifreli) dijital kimlikler oluşturmaktadır. Proje paydaşlarının geçmiş iş ve işlem kayıtları kronolojik sırayla değiştirilemez şekilde dijital kimliklere kaydedilir. Blockchain sistemine dahil olan paydaşların yetki oranlarının belirlendiği aşama *2.3.5 Konsensüs Şekilleri* başlığında bahsedilen anlaşmaya dayalı kanıt şekilleri, yine kayıtlı katılımcılar kararlaştırılmaktadır. Bu aşamada proje hedefi doğrultusunda ön veya anlık koşullar ve otomasyonlu adımlar belirlenmektedir.

Blockchain sistemlerinde paydaşların hepsi karar mekanizmasında aynı oranda söz sahibi olmayabilir. Proje kararı verebilecek paydaşlar genel blockchain ağlarında yürütülen işlemlerde; bütünüyle izin gerektirmeyen, kısmen izin gerektirmeyen olarak tüm

katılımcılara yetki vermektedir. Özel blockchain ağlarında ise kısmen izin gerektiren, bütünüyle izin gerektiren olarak ağdaki paydaşları sınırlı şekilde yetkilendirmektedir. (Usta ve Doğantekin 2018).

Proje yönetimlerinde bilgi ve iletişim mekanizmalarının anlaşılması ve uygun yönetimlerin belirlenmesi hayati öneme sahiptir. Çizelge 2.9.'da blockchain ağında gerçekleştirilen proje yönetimlerinde iletişim şekillerine göre karar süreç dinamikleri gösterilmektedir.

Çizelge 2.9. Blockchain ağında proje iletişim şekillerine göre karar yönetimi (Usta ve Doğantekin 2018, Nawari ve Ravindran 2019, Anonim 2020b, Hunhevicz ve Hall 2020 çalışmalarından yararlanılarak hazırlanmıştır)

	Genel Blockchain	**Yarı Özel Blockchain**	**Özel Blockchain**	**Konsorsiyum Blockchain**
Karar Vericiler	Çoğunluk	İzinli paydaşlar	İzinli paydaşlar	İzinli örgütler
Kararlarda Paydaş Yetki Alanları	Bütünüyle izin gerektirmeyen	Kısmen izin gerektiren	Bütünüyle izin gerektiren	Kısmen izin gerektiren
Kararlarda Paydaş Yetki Derecelerinin Belirlenmesi	Kanıt Gerektirmez	İş kanıtı, Hisse kanıtı, Yanma kanıtı, Alan kanıtı, Yetki kanıtı, Faaliyet kanıtı		

Paydaşlara yetki izni gerektirmeyen blockchain ağına örnek olarak Ethereum platformu, yetki izni gerektiren blockchain ağına ise IBM (International Business Machines) tarafından kurulan HLF (Hyperledger Fabric) platformu verilebilir.

İnşaat projeleri farklı rol ve görevleri yöneten, süreç boyunca her bir paydaşın yetki seviyelerinin değişkenlik gösterdiği projelerdir. Bu sebeple yapı üretim süreçlerine en uygun özel blockchain temelli, izin gerektiren HLF platformudur (Nawari ve Ravindran 2019).

Blockchain temelli HLF ile BIM' in entegresi; esneklik, kullanıcı tanımlı akıllı sözleşme, katılımcı veya malzeme dijital kimlikleri, veri güvenliği, gizlilik, izleme ve karar yönetimi gibi pek çok süreci kod denetimiyle otomasyonlu hale getirilebilir. (Nawari ve Ravindran 2019, Penzes 2018). Yapı üretim süreçlerinde blockchain sistem çalışmaları, inşaat sektöründe en çok kullanılan BIM teknolojisiyle entegre edilmiş çalışmalar mevcuttur. BIM'in eksik alanları bilgi ve iletişim konusunda etkin karar yazılımları, yorumlama, uyarı ve arşiv, risk tepkisi ve güven gerektiren her türlü karar aşamalarıdır (Nawari ve Ravindran 2019).

Dağıtık defterler, BIM' in temel sorunları olan; kayıtlı verilerin değiştirilememesi özelliğiyle bilginin bozulmamasını, değişiklik yapan kişinin kimliği ile birlikte daha iyi kayıt ve takibin sağlanması, tüm iş değişikliklerin ayrıntılarının saklanması, fikri mülkiyet ve telif hakkının bu özelliklerle güvence altına alınmasını sağlayabilir. Dolayısıyla tarafların işbirliği yapma güvenini arttırmaktadır (Stougiannos ve Magneron 2018).

Yapı üretim sürecinde blockchain ile birlikte oluşturulan karar mekanizması dağıtık defter teknolojileriyle sağlatılmaktadır. Blockchaini oluşturan dağıtık defter teknolojisi bilgi, sözleşme ve dokümasyon vb. alanlarda paydaşlar arası değer yönetimini kayıtlı ve şeffaf şekilde gerçekleştirilmektedir (Hunhevicz ve Hall 2020). Dağıtık defter teknolojisinde ön kodlarla oluşturulan akıllı sözleşmeler ile süreç boyunca alınan kararlarda rasyonellik sağlanmaktadır. Akıllı sözleşmeler karar aşamalarında belirsizliği azaltarak risk yönetimlerini niceliksel hale getirmekte ve böylelikle risk odaklı yönetim anlayışını geliştirmektedir.

2.3.10. Yapı üretim sürecinde akıllı sözleşmeler ve uygulamaları

Önceden belirlenmiş şartlar ile pek çok işlemin, seçimin otomatik hale gelmesi böylece zamansal kayıplar, işlem maliyetleri ve projelerdeki risk potansiyellerini en aza indiren dijital ortamda sözleşmeler gerçekleştirilmektedir. İnşaat sektörünün sorunlarına çözüm olarak, dijital dönüşüm bağlamında BIM, Blockchain, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Akıllı

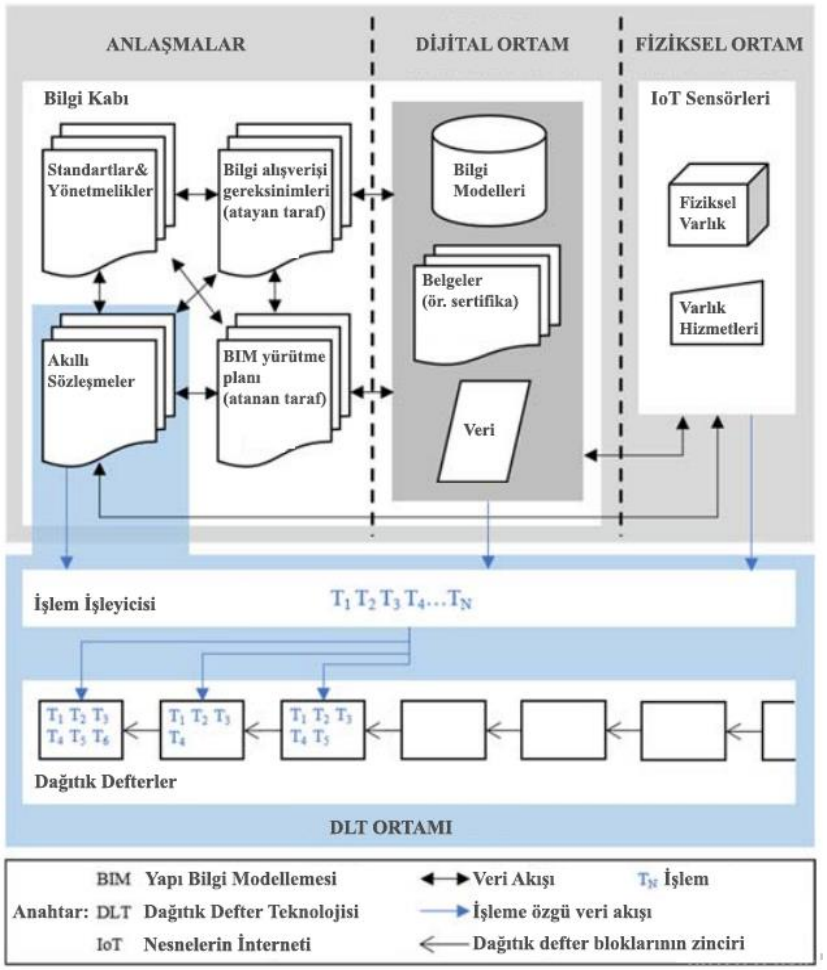
Sözleşmelerin kullanımı giderek artmaktadır (Khan ve Salah 2017). Günümüzde en dönüştürücü blockchain uygulaması akıllı sözleşmeler olabilir (Iansiti ve Lakhani 2017). Akıllı sözleşmeler kavramı ilk olarak Nick Szabo tarafından yayınladığı kriptografi (şifreleme) çalışmalarında 1994-1997 yılları arasında bahsedilmiştir. Daha sonra 2015 yılında Ethereum platformunda blockchain teknolojisi bağlamında kullanılmıştır (Ganne 2018).

Barnett (2016) çalışmasında akıllı sözleşmelerin inşaat sektöründe; dijital mülkiyet, işlemlerin zaman damgası, birden fazla imza işlemleri, iş süreçlerini izleyen ve anlamsal bir ağ kuran, bir durumu izleyen ve otomasyonlu yürüten bilgisayar programları ve veri depoları olarak kullanılabilir olduğundan bahsetmiştir.

Ganne (2018) akıllı sözleşmelerin mantığını "Akıllı sözleşmeler, kendilerini otomatik olarak uygulayan bilgisayar programlarıdır (kendi kendine yürütme). Belirli koşullar mevcut olduğunda üçüncü bir tarafın müdahalesi olmadan işlem tamamlanır ("eğer ... o zaman ..." mantığına dayalıdır. Örneğin, mallar X limanında boşaltılırsa daha sonra para transfer edilir). Tarafların sözleşme yükümlülüklerini belirterek her iki tarafa da farklı koşullar altında verilebilecek yararlar, şartlar ve cezaları sağlamaktadır. Genellikle nesnelerin interneti özelliğiyle kullanılan sensör verilerini kullanmaktadır" şeklinde açıklamıştır.

Buterin (2016) çalışmasında akıllı sözleşmelerin proje sürecinde etkisini bir örnek üzerinden anlatmıştır. Örnekte işçi güvenlik, sağlık ve emniyet için sahip olduğu kimlik kartıyla şantiye alanına girmektedir. Okutulan kart kimlik kartı kriptografik (şifreli) kimliğine performans ve çalışma saatleri olarak blockchainde bulunun akıllı dağıtık defterlere kaydeder. Kayıtlar eş zamanlı tüm paydaşlara iletilir. İşçi anlaşılan şartlar dışında performans gösterdiği takdirde önceden yapılmış akıllı sözleşmeler devreye girer ve yasal hak ve yükümlülükleri devre dışı kalır; ödemeler ve tazminatlar işverene ve işçiye otomatik olarak aktarılır. Böylelikle anlaşmazlıklar ek bir yönetim kararına, üçüncü taraf prosedürlerinin zaman ve maliyet giderlerine maruz kalmadan otomatik olarak yönetilmektedir.

Şekil 2.8.'de İngiltere inşaat sektörü için ve ISO 19650-1: 2018 standartları dikkate alınarak kurgulanmış bilgi ve iletişim teknolojilerinin entegrasyonunu gösterilmektedir. Proje sürecinde gerçekleşen bir satın alma biriminin ilk adımda gerekli olan değişim bilgisi, standartlar ve yönetmelikle BIM ortamında yürütülen proje sürecine işlenmektedir. Anlaşmaların işlenmesi gerekli belgeler, modelleme ve veri olarak; fiziksel ortamda elde edilen performans değerleri, uyarıcılar ve diğer sensör verileri olarak dijital ortama eş zamanlı şekilde aktarılmaktadır. İkinci adımda bu işlemler dağıtık defterlere kod şeklinde işlenmektedir. Dağıtık defterler ile yürütülen projeler çakışmaları, anlaşmazlıkları ve sağladığı pek çok garanti ile yatırımları arttırmaktadır. Akıllı sözleşmeler dağıtık defterlere işlenen veri akışında standartları, sözleşmeleri ve çıkarları sağlayarak projede güven ortamını ve optimum performansı sağlamaktadır (Turk and Klinc 2017, Li ve ark. 2019).



Şekil 2.8. DLT, BIM, IoT ve Akıllı Sözleşmelerin entegresiyle proje çıktılarını oluşturan anlaşmaları kontrol etme süreci (Li ve ark. 2019)

Zheng ve ark. (2018) yaptığı çalışmada akıllı sözleşmeleri oluşturulma araştırmalarını geliştirme ve değerlendirme olmak üzere iki türe ayırmaktadır. Geliştirme, akıllı sözleşmelerin açıklarının belirlenmesi ve bu yönde bir ara yüz platformlarının geliştirilmesidir (Ethereum platformu). Değerlendirme ise akıllı sözleşmelere girilen kodların analizi ile performans ve maliyet değerlendirilmelerinin yapılmasıdır. Veri analiz işlemleri değerlendirme aşamasında gerçekleştirilir. FIATECH'in yaptığı 3 000 dijital izin sürecinden edilen toplam 78 736 l yakıt, 207 kg Karbon Monoksit salınımını, 57 200 dolar yakıt maliyetini, 5 443 kg kağıt tasarrufu sağlanmıştır (Nawari ve Ravindran 2019).

Yapı üretim sürecinde şantiye alanında ki sensörler sayesinde şantiye araçlarının olağan dışı veya eksik çalışması eş zamanlı olarak blockchain sistemine iletilmektedir. Böyle durumlarda akıllı sözleşmeler devreye girerek proje zamanlaması, şantiye güvenliği ve gecikmelerin büyük ölçüde önüne geçilmektedir (Penzes 2018).

Akıllı sözleşmeler sayesinde yapı üretim süreleri şeffaf ve izlenebilir hale getirilmekte ve üçüncü taraf ihtiyacı ve maliyetlerini ortadan kaldırmaktadır (hukuksal süreçler, arabuluculuk hizmetleri, güvenlik hizmetleri vb.). Öte yandan dijital ortamda akıllı anlaşma/e-sözleşme ile yönetilen süreçler; zamana bağlı enerji kayıplarını, kağıt kullanımlarını, araçların Karbondioksit salınımlarını da azaltmaktadır.

Akıllı sözleşmeler tedarik zincir süreçlerinde otomasyonlu ödemeler ve onaylama süreçleri için kullanılmaktadır. Lundesjö (2015) İnşaatta Tedarik Zinciri Yönetimi ve Lojistik: Yarının Yapılı Ortamını Sağlıyor adlı kitabında tedarik zincir süreçlerinde bilgi ve iletişim teknolojilerinin önemini vurgulamaktadır. İletişim sensörlerini bilgi işlem ağına bağlayarak IoT ve BIM ortaklı süreçlerin kullanımı desteklenmektedir. Bilgi ve iletişim için anlamsal verilerin oluşturulması ve depolanması, büyük veri süreçleri için bir ön şarttır ve süreçlerin tutarlılığı nedeniyle tüm tedarik zincirine katkıda bulunmaktadır (Lundesjö 2015). Veri analizi ve yönetimi süreçlerini kontrol eden akıllı sözleşmeler tedarik zinciri süreçlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle tedarik zincir sisteminin sözleşmelerden kaynaklı ödeme koşulları, ürün ve hizmetlerin teslimi gibi hak ve yükümlülüklerin tüm tarafların güvendiği otonom sistemlerce yürütülen akıllı sözleşmelerle entegre edilmesi çok büyük etki yaratacaktır (Casey ve Wong 2017).

Kredi ortakları ve tedarikçiler için sigorta şirketi olan IBM Global Financing bir blockchain sistemine aktardığı şirket verileriyle (yaklaşık 2.9 milyon işlem kaydı); ortaklar ve tedarikçiler arasında yıllık 25 000 anlaşmazlığın %75 oranında daha kısa sürede çözüm elde etmiştir. Bu durum üçüncü taraf giderleri kapsamında yasal ve idari maliyetlerde % 40 oranında tasarruf sağlamıştır (Anonim 2017a., Penzes 2018).

Blockchain tabanlı tedarik zinciri, sağladığı şeffaflık ve işlemlerin kaydedilmesi sayesinde, tedarik zinciri boyunca şirketler arasında koordinasyonun iyileştirilmesi, işbirliğinin geliştirilmesiyle kaliteyi sağlamaktadır (Min ve ark. 2019).

BES 6001 sertifikasına (İngiltere Yapı Araştırma Kurumu tarafından verilen sosyal ve çevresel açıdan sorumlu tedarikçi sertifikası) sahip çelik malzeme üreticisi Tata Steel firması, ürünlerinin hammaddeden kullanım sonrası geri dönüşümüne kadar izlenebilir halde olması için pilot bir çalışma yürütmektedir. Üretilen çelik kiriş bir kimlikle akıllı sözleşmelerin kullanıldığı blockchain sistemine kaydedilmektedir. Bu dijital kimlik sayesinde kirişin zaman içinde kullanıldığı yapılar ve tedarik zincir hareketleri gibi özelliklere BIM modeli üzerinden taraflara; eş zamanlı takip edebilme ve malzeme detayı gibi hizmetlerin sunulması amaçlanmaktadır. Böylelikle malzemenin yaşam sürecinde üretim özellikleri, tasarım/yapım özellikleri, nakliyat detaylarına ulaşılarak karbon ayak izi ölçümü yapılabilmektedir (Hirigoyen 2016., Penzes 2018).

İnşaat süreçlerine dahil edilen akıllı uygulama teknolojileri izleme, şantiye yönetimi, iş güvenliği, erken kazalara karşı uyarı, kaynakların ve varlıkların yönetimi alanlarında kullanılmaktadır (Stefanic ve Stankovski 2018). Literatür araştırmaları blockchain teknolojisinin inşaat sektörü adına kullanımında bilgi ve iletişime bağlı riskleri gidermek için nesnelerin interneti ve akıllı sözleşmelerin bir arada kullanımının yoğunlukta olduğunu göstermektedir (Casey ve Wong 2017, Penzes 2018, Li ve ark. 2019).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Tez çalışmasının materyalinde yenilikçi teknolojilerden biri olan blockchain teknolojisinin yapı üretim sürecine olan etkisini keşfetmek amacıyla yapılandırılmış görüşme tekniğiyle gerçekleştirilen bir görüşme formu hazırlanmış ve belirlenen firmalara gönderilmiştir (Ek 1). Görüşme form soruları kapalı uçlu ve çoktan seçmeli olacak şekilde hazırlanmıştır. Görüşme uygulama şekli online olarak "Türkiye inşaat sektörünün risklerin dijital dönüşümüne bakış açısı" başlıklı 23 soru halinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın evrenini ve katılımcı kriterlerini Türkiye inşaat sektörünün en büyük üretim hacmine sahip ulusal ve uluslararası yapı üretim projeleri gerçekleştiren şirketler oluşturmaktadır. Zaman kaynaklı geri dönüşleri hızlı alabilmek adına belirlenen şirketlerden ilk 15'i çalışma alanı için seçilmiştir. Belirlenen 15 inşaat şirketinde proje yöneticiliği yapan mimar ve mühendisler çalışmanın örnek uzayını oluşturmaktadır. Katılımcıların proje yönetiminde risk kavramı, risk odaklı yönetim, yapı üretiminde dijital dönüşüm, blockchain ve akıllı sözleşmeler gibi konularda bakış açıları ve görüşleri alınarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Çalışma soruları tez çalışmasının literatür kısmını oluşturan 3 ana başlıktan yola çıkılarak hazırlanmıştır. Bunlar; geleneksel risk yönetimi, dijital çağda risk yönetimi ve blockchain teknolojisinin sunmuş olduğu akıllı sözleşmelerdir. Çalışmanın giriş kısmında da belirtilen problemler başlıca; geleneksel risk yönetimlerinin deneyime bağlı emek yoğun kararları, güvensizlik ve zaman kayıplarından kaynaklı yapı üretim sürecinde oluşturduğu zorluklardır. Bu problemlerden yola çıkarak sorular; risk yönetimlerinde rasyonelleşmeyi ve risk odaklı yönetim anlayışının benimsenmesi için uygulanacak blockchain ve akıllı sözleşmeler gibi dijital dönüşüm araçlarının entegresine Türkiye inşaat sektörünün bakış açısını sorgulayacak şekilde oluşturulmuştur.

Çalışmanın soruları üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde geleneksel risk yönetiminde alınan kararları etkileyen faktörler, risk kavramının nasıl algılandığı sorgulanmaktadır. İkinci bölümde dijitallik, dijital dönüşüm talebini ölçen sorular

yöneltilmiş ve bunun üzerinden sektörün risk odaklı yönetime (rasyonelleşmeye) bakış açısı sorgulanmıştır.

Üçüncü bölümde sektörün dijital çağ uzantılarından biri olan blockchain teknolojisi, akıllı sözleşmeler başlıklarını içeren, bu konulardaki potansiyel uygulama alanlarına ihtiyacı ve yeterli bilgilendirmelerin olup olmadığını sorgulayan sorulara yer verilmiştir.

Çalışma soruları Türkiye inşaat sektörünün en büyük üretim hacmine sahip ilk 15 büyük inşaat şirketinde görev alan proje yöneticilerinin, sosyal medya platformu (LinkedIn) kullanılarak profillerine ulaşılmış ve 5 Nisan 2021-10 Mayıs 2021 tarihleri arasında online olarak iletilmiştir. Çalışma toplamda 15 katılımcıya gönderilmiştir ve 5 geri dönüş sağlanmıştır. Çalışmanın soruları Google'ın sunmuş olduğu çevrimiçi anket sitesi olan Forms web sitesinde hazırlanmış ve yanıtlara aynı sitede eş zamanlı olarak ulaşılmıştır. Blockchain teknolojisinin keşfedilmesi için yarı yapılandırılmış teknikle yürütülen çalışmada elde edilen veriler 23 soruya 23 tablo oluşturulmuştur. Uzman görüş verileri ile literatürün karşılaştırılması yapılarak çalışma değerlendirilmesi yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmanın bulgular kısmında, Türkiye inşaat sektörüne yön veren inşaat firmalarının proje yöneticilerine yöneltilen, risk, risk yönetiminde rasyonellik, risk odaklı yönetim, sektörün dijital dönüşümü için blockchain teknolojisi ve akıllı sözleşmeler gibi başlıkları içeren anket verileri ve bu verilerle tez kapsamında gerçekleştirilen literatür taramasının karşılaştırılması yapılmıştır.

Şekil 4.1. İnşaat sektörünün üretiminde gelecek beklentisi

İnşaat sektöründe gelecek beklentinizi hangi üretim şekli karşılamaktadır?

Yanıtlar	***Yanıtların kişi dağılımı***
Akıllı üretim	2 kişi
Tam zamanında üretim	2 kişi
Yalın üretim	1 kişi

Katılımcılara sorulan "İnşaat sektöründe gelecek beklentinizi hangi üretim şekli karşılamaktadır?" sorusundan elde edilen görüşler 2 kişi akıllı üretim, 2 kişi tam zamanında üretim olmak üzere iki üretim şeklinin de gelecekte etkili olacağı şeklindedir (Çizelge 4.1.). 1 kişinin seçmiş olduğu yalın üretim şekli ise gelecekte beklentisi en düşük üretim şeklidir.

Zaychenko ve ark.'a (2018) göre akıllı üretim ve tam zamanında üretim modellerinin ana omurgasını oluşturan otomasyonlu süreçler ve teknolojik üretim araçlarının kullanılması inşaat sektörünün dijital dönüşümü için etkili rol oynamaktadır. Brocal ve ark.'a göre (2019) gelecek ve günümüz üretim teknolojilerinde kullanılan en önemli üç teknolojiden biri akıllı üretimlerdir. Bu bağlamda çalışma görüş verileri literatür çalışmalarını desteklemektedir.

Çizelge 4.2. Proje yönetim temel bilgi alanlarında teknoloji kullanımı

İnşaat projelerinin yönetiminde en çok hangi temel bilgi alanında teknolojik araçları kullandınız?

Yanıtlar	***Yanıtların kişi dağılımı***
Maliyet yönetimi	3 kişi
Entegrasyon yönetimi	1 kişi
Kalite yönetimi	1 kişi
Kapsam yönetimi	-
Süre yönetimi	-
İnsan kaynakları yönetimi	-
İletişim yönetimi	-
Risk yönetimi	-
Tedarik yönetimi	-

Katılımcılara sorulan "İnşaat projelerinin yönetiminde en çok hangi temel bilgi alanında teknolojik araçları kullandınız?" sorusundan elde edilen görüşler 3 kişi maliyet yönetimi, 1 kişi kalite yönetimi ve 1 kişi entegrasyon yönetimi şeklindedir (Çizelge 4.2.).

FMI Risk Yönetimi Çalışma Anketi'nde (2018) inşaat sektöründe kullanılan teknolojileri kısa vadede, tek bir soruna çözüm niteliğinde kullandıklarını belirtilmiştir. Türkiye inşaat sektörünün teknolojiyi ağırlıklı olarak maliyet yönetimi bilgi alanlarında kullanması, projelerde maliyet endişesinin yüksek olduğu bu sebeple de yeni alanlara yapılacak riskli yatırımlarda bulunmadığını gösterebilmektedir. Verilerin sonucunda teknolojik araçların risk yönetiminde kullanılmaması; risk odaklı yönetim anlayışının sektörde henüz gelişmediğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda görüş verileri bahsedilen literatür çalışmalarını desteklemektedir.

Çizelge 4.3. Geleneksel proje yönetimlerinde karar mekanizmasının güvenilirliği

Proje yönetiminde niteliksel, karar vericilerin deneyimine bağlı alınan karalar, paydaşlar arasında ihtiyaç duyulan güven ortamına tehdit oluşturmaktadır.

Yanıtlar	***Yanıtların kişi dağılımı***
Evet katılıyorum	3 kişi
Hayır katılmıyorum	2 kişi
Fikrim yok	-

Katılımcılara yöneltilen "Proje yönetiminde niteliksel, karar vericilerin deneyimine bağlı alınan karalar, paydaşlar arasında ihtiyaç duyulan güven ortamına tehdit oluşturmaktadır." önermesi elde edilen görüşler 3 kişi Evet katılıyorum 2 kişi Hayır katılmıyorum şeklindedir (Çizelge 4.3.).

"İnşaat sektörünün karşılaştığı ilk zorluk güven meselesidir" (Wang ve ark. 2017). Nawari ve Ravindran'ın (2019) yaptığı çalışmada geleneksel yönetimlerin yapı üretim süreçlerinde üçüncü taraflara sağlanan güven kavramında eksikliklerin olduğunu ve eksikliklerin niteliksel süreçlerden kaynaklandığını belirterek teknoloji kullanımının önemini belirtmektedir. Bu bağlamda görüş verileri çalışmada bahsedilen literatür çalışmalarını desteklemektedir.

Çizelge 4.4. İnşaat proje yönetiminde teknolojik araçların yapı üretim sürecinde kullanılması

İnşaat projelerinin yönetiminde teknolojik araçları en çok hangi süreçlerde kullandınız?

Yanıtlar	*Yanıtların kişi dağılımı*
Planlama aşaması	3 kişi
Tasarım aşaması	2 kişi
Talep aşaması	-
Yapım aşaması	-
Teslim ve kontrol aşaması	-

Katılımcılara sorulan "İnşaat projelerinin yönetiminde teknolojik araçları en çok hangi süreçlerde kullandınız ?" sorusundan elde edilen görüşler 3 kişi Planlama aşaması 2 kişi Tasarım aşaması şeklindedir (Çizelge 4.4.).

Teknolojilerin planlama aşamasında kullanılması sektörün uzun vadeli dijital dönüşüm anlayışına yakınlığını göstermektedir. Bu bağlamda görüş verileri literatür çalışmalarında bahsedilen günümüz inşaat sektörünün büyük oranda dijitallik anlayışına hakim olduğu görüşünü desteklememektedir. Fakat 2 kişinin vermiş olduğu tasarım aşaması yanıtı ile teknolojik araçların kullanım amacının sektörde hala kısa vadeli dijitallik olduğunu söylemek mümkündür.

Çizelge 4.5. İnşaat projelerinde risk yönetimini etkileyen faktörler

Risk yönetiminde alınan kararları doğrudan etkileyen faktörler nelerdir?

Yanıtlar	***Yanıtların kişi dağılımı***
Çevresel faktörler (dövizin artması, pandemik koşullar, ihracat potansiyeli vb.)	2 kişi
Yönetim kabiliyeti (planlama ve analiz yeteneği)	2 kişi
Bilgi ve iletişim	1 kişi
Örgüt/şirket yatırım imkanları	-

Katılımcılara sorulan "Risk yönetiminde alınan kararları doğrudan etkileyen faktörler nelerdir ?" sorusundan elde edilen görüşler 2 kişi Çevresel faktörler (dövizin artması, pandemik koşullar, ihracat potansiyeli vb.) 2 kişi Yönetim kabiliyeti (planlama ve analiz yeteneği) şeklindedir (Çizelge 4.5.).

Risk yönetim kararlarında bilgi ve iletişim birinci derecede önemlidir. Fakat çalışma görüşlerine göre bu anlayış Türkiye inşaat sektöründe gelişmemiştir. Bu bağlamda çalışma görüşleri literatür çalışmalarında bahsedilen günümüz inşaat sektörünün hala yönetimin deneyimine bağlı rasyonel olmayan kararlardan ve yüksek belirsizlik bulunduran çevresel faktörlerden etkilenmektedir.

Çizelge 4.6. Yapı üretim sürecinde risk algısı

Yapı üretim sürecinde risk nasıl algılanıyor?

Yanıtlar	***Yanıtların kişi dağılımı***
Tehdit olarak	3 kişi
Fırsat olarak	2 kişi
Fikrim yok	-

Katılımcılara sorulan "Yapı üretim sürecinde risk nasıl algılanıyor?" sorusundan elde edilen görüşler 3 kişi Tehdit olarak 2 kişi Fırsat olarak şeklindedir (Çizelge 4.6.).

Simona-Iulia (2014)'a göre yapı üretimlerinde riskler tehdit olarak algılanmakta ve bu durum proje başarısını olumsuz yönde etkilemektedir. Literatür çalışmalarında bahsedilen risk odaklı anlayışının gelişmediği dolayısıyla teknolojik yatırım girişimlerinde bulunmayan inşaat sektörünün dijital dönüşümünü bu sebepten diğer sektörlere kıyasla geç gerçekleştirdiği görüşü çalışma görüşleriyle desteklenmektedir.

Çizelge 4.7. Üretim süreçlerinde risk, getiri ve rekabet arasındaki ilişki

Üretim süreçlerinde alınan yüksek riskler yüksek getiri ve sektörel rekabette ön plana çıkmak demektir.

Yanıtlar	***Yanıtların kişi dağılımı***
Hayır katılmıyorum	3 kişi
Evet katılıyorum	1 kişi
Fikrim yok	1 kişi

Katılımcılara yöneltilen "Üretim süreçlerinde alınan yüksek riskler yüksek getiri ve sektörel rekabette ön plana çıkmak demektir." önermesinden elde edilen görüşler 3 kişi Hayır katılmıyorum, 1 kişi Evet katılıyorum ve 1 kişi Fikrim yok şeklindedir (Çizelge 4.7.).

İnşaat endüstrisi teknoloji konusunda diğer endüstrilerin gerisinde kalmıştır. (Tanyer ve Pekeriçli 2008). Serpell ve ark. (2014)'a göre inşaat sektörü yenilikçi risk yönetim anlayışından uzak ve yetersiz bilgi seviyesine sahiptir. Çalışma görüş verilerinde elde edilen Türkiye inşaat sektöründe yenilikçi risk anlayışının gelişmediği, geleneksel risk yönetim anlayışının hakim olduğu sonucuyla literatür görüşünü desteklemektedir.

Çizelge 4.8. Teknolojik yatırımların risk yönetimine potansiyel etkisi

İnşaat sektöründe yapılan/yapılacak teknolojik yatırımlar risk yönetimini nasıl etkiliyor?

Seçenekler	*Yanıtların kişiye göre dağılımı*
Yapı üretim sürecinde verimlilik sağlandı/sağlanacak (akıllı üretim, yalın üretim vb. yenilikçi anlayışlarının gelişmesiyle)	3 kişi
Yeni bilinmezlikler getirdi/getirecek	1 kişi
Niceliksel veriler sayesinde güven ortamı sağlandı/sağlanacak	1 kişi
İnşaat sektöründe rekabetçilik anlayışını geliştirdi/geliştirecek	-
Alınan otonom kararlar sayesinde yapı üretim süreçlerinde başarılı süre, kalite ve para yönetimi gerçekleşti/gerçekleşecek	-
Fikrim/öngörüm yok	-

Katılımcılara sorulan "İnşaat sektöründe yapılan/yapılacak teknolojik yatırımlar risk yönetimini nasıl etkiliyor ?" sorusundan elde edilen görüşler 3 kişi Yapı üretim sürecinde verimlilik sağlandı/sağlanacak (akıllı üretim, yalın üretim vb. yenilikçi anlayışın gelişmesiyle) 1 kişi Yeni bilinmezlikler getirdi/getirecek ve 1 kişi Niceliksel veriler sayesinde güven ortamı sağlandı/sağlanacak şeklindedir (Çizelge 4.7.).

Genç ve ark. (2015)'nın çalışmasında yapılan ankette inşaat sektöründe en çok üretim ve imalat alanında yenilik ihtiyacı olduğu ortaya çıkmıştır. Risk yönetiminin başarısı için ilk adımda teknolojik yatırımların yapı üretim sürecine yapılması gerektiği, yapılan yatırımların avantaj sayıldığı ve sektörde akıllı üretim gibi otomasyonlu üretim süreçlerinin talebini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda literatür çalışma görüşleriyle desteklenmektedir.

Çizelge 4.9. İnşaat sektöründe yapılan/yapılacak teknolojik yatırım beklentisi

İnşaat sektöründe yapılan/yapılacak teknolojik yatırımlar çoğunlukla hangi alana yapılmaktadır?

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Bilgi ve iletişim altyapı teknolojileri (sensörler, bulut bilişim teknolojileri, veri yönetim yazılımları vb.)	2 kişi
Görselleştirme ve sunum araçları (bilgisayar destekli 3B programları, dijital tasarım araçları)	2 kişi
İmalat araçları (robot, şantiye araçları, 3D yazıcılar)	1 kişi

Katılımcılara sorulan "İnşaat sektöründe yapılan/yapılacak teknolojik yatırımlar çoğunlukla hangi alana yapılmaktadır?" sorusundan elde edilen görüşler 2 kişi Bilgi ve iletişim (sensörler, bulut bilişim teknolojileri, veri yönetim yazılımları vb.) 2 kişi Görselleştirme ve sunum araçları (bilgisayar destekli 3B programları, dijital tasarım araçları) ve 1 kişi İmalat araçları (robot, şantiye araçları, 3D yazıcılar) şeklindedir (Çizelge 4.9.).

Yapı üretim süreçlerinde teknolojik yatırımlar ilk adımda proje yönetimlerinde hayati öneme sahip bilgi ve iletişim alanına uygulanmalıdır (Penzes 2018). Risk yönetimlerinde bilgi ve iletişimin önemi anlaşılmamış olsa da (bkz. Çizelge 4.5.) sektörün genel durumu ve gelecek beklentisi bilgi ve iletişim teknolojileri üzerindedir. Bu bağlamda inşaat sektöründeki beklenti ve literatür çalışmada bahsedilen görüş birbirini desteklemektedir. Öte yandan 2 kişi Görselleştirme ve sunum araçları yanıtıyla sektörün kısa vadeli dijital çözümler talebinin de olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.10. Teknolojik yatırımlar ve risk odaklı yönetim anlayışı arasındaki ilişki

İnşaat sektöründe teknolojik yatırımların artması adına risk odaklı yönetim anlayışının benimsenmesi gereklidir.

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Evet katılıyorum	4 kişi
Hayır katılmıyorum	1 kişi
Fikrim yok	-

Katılımcılara yöneltilen "İnşaat sektöründe teknolojik yatırımların artması adına risk odaklı yönetim anlayışının benimsenmesi gereklidir." önermesinden elde edilen görüşler 4 kişi Evet katılıyorum 1 kişi Hayır katılmıyorum şeklindedir (Çizelge 4.10.).

Üretim sektörlerinde teknolojik gelişmeler, belirsizlik kavramlarıyla ilişkili olan risklerin yönetilme isteğiyle geliştirilmektedir (Tupa ve ark. 2017). Teknolojik yatırımların belirsizliği ve başarı riskini göze alamayan sektörler dijital çağda rekabet edememektedir. Türkiye inşaat sektöründe risk ve teknolojik yatırımlar arasındaki ilişki kurulmaya başlanmıştır.

Çizelge 4.11. Türkiye inşaat sektörünün dijital çağa geç adaptasyonun sebebi

Türkiye inşaat sektörünün dijital dönüşümü geç takip etmesinin temel sebebi hangisidir?

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Sektörün yeniliğe karşı isteksizliği (kalifiye insan eksikliği, yeni bilinmezliklerin ortaya çıkışı, yetersiz bilgilendirme vb.)	2 kişi
Akademik alanda yapılan çalışmaların hayata geçirilememesi/Yatırım eksikliği	2 kişi
Kısa vadeli çözümlerin tercih edilmesi/Dijital dönüşüm yerine dijitallik anlayışı	1 kişi
Özel örgütlerin inovasyon isteksizliği/Risk alma iştahının düşük olması	-
Resmi örgütlerin gerekli mevzuat, kanun vb. adımları atmamış olması	-

Katılımcılara sorulan "Türkiye inşaat sektörünün dijital dönüşümü geç takip etmesinin temel sebebi hangisidir?" sorusundan elde edilen görüşler 2 kişi Sektörün yeniliğe karşı isteksizliği (kalifiye insan eksikliği, yeni bilinmezliklerin ortaya çıkışı, yetersiz bilgilendirme vb.) 2 kişi Akademik alanda yapılana çalışmaların hayata geçirilememesi/Yatırım eksikliği ve 1 kişi Kısa vadeli çözümlerin tercih edilmesi/Dijital dönüşüm yerine dijitallik anlayışı şeklindedir (Çizelge 4.11.).

Sektörün teknolojik yenilikler karşındaki isteksizliği Çizelge 4.7. de belirtilmiştir. Çalışma görüşüne göre inşaat sektörünün dijital dönüşümüne danışmanlık yapacak kalifiye uzman ve kaynak eksikliği sektörün bu alanda önündeki en büyük engellerden biridir. Bir diğer büyük engel akademik çalışmaların hayata geçirilmesi için gerekli yatırımların yapılmamasıdır.

Çizelge 4.12. İnşaat sektöründe kullanılan teknolojilerin faydası

İnşaat sektörünün dijital dönüşümü için kullanılan teknolojiler öncelikli olarak neyi sağlamaktadır?

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Proje başarısını etkileyen kararların doğru alınması	2 kişi
Veri	2 kişi
Hepsi	1 kişi
Üretimdeki hız	-
Müşteri deneyimi	-
Değer	-
Rekabet	-

Katılımcılara sorulan "İnşaat sektörünün dijital dönüşümü için kullanılan teknolojiler öncelikli olarak neyi sağlamaktadır?" sorusundan elde edilen görüşler 2 kişi Proje başarısını etkileyen kararların doğru alınması 2 kişi Hepsi ve 1 kişi Veri şeklindedir (Çizelge 4.12.).

Türkiye inşaat sektöründe teknolojik araçlar ve risk yönetimine bağlı alınan kararlar arasındaki ilişkinin kurabildiği Çizelge 4.10.'da gösterilmiştir. Çalışma verilerinden elde edilen 2 kişi Proje başarısını etkileyen kararların doğru alınması cevabıyla; kararların IoT, yapay zeka, blockchain gibi teknolojilerle rasyonelleştirilmesi inşaat sektöründe öncelikli faydayı sağlamakta ve literatürde bahsedilen benzer önermeyi desteklemektedir.

Çizelge 4.13. İnşaat sektörünün dijital dönüşümündeki birincil engel

İnşaat sektörünün dijital dönüşümündeki temel engel nedir?

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Yetersiz bilgilendirme ve yetişmiş uzman eksikliği	4 kişi
Yatırım maliyetleri	1 kişi
Yeni teknolojilerin beraberinde getirdiği bilinmezlikler	-

Katılımcılara sorulan "İnşaat sektörünün dijital dönüşümündeki temel engel nedir?" sorusundan elde edilen görüş 4 kişi yetersiz bilgilendirme ve yetişmiş uzman eksikliği 1 kişi yatırım maliyetleri şeklindedir (Çizelge 4.13.).

Nitelikli eleman ve bilgi eksikliği endüstrilerin dijital çağa uyum konusunda yetersiz kalmasına sebep olabilmektedir (Anonim 2018). Teknoloji alanında yapılacak akademik çalışmalar ve eğitimler ile Türkiye inşaat sektörünün dijital dönüşümündeki birincil engeli ortadan kaldırabilmek mümkündür.

Çizelge 4.14. Blockchain teknolojisinin inşaat sektöründe farkındalığı

Blockchain teknolojisini biliyor musunuz?

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Hayır bilmiyorum	3 kişi
Evet biliyorum	2 kişi

Katılımcılara sorulan "Blockchain teknolojisini biliyor musunuz?" sorusundan elde edilen görüş 3 kişi Hayır bilmiyorum 2 kişi Evet biliyorum şeklindedir (Çizelge 4.14.).

Türkiye inşaat sektöründe bilgi ve iletişim teknolojilerinden biri olan blockchain teknolojisi Çizelge 4.13.'te de görüldüğü üzere yetersiz bilgilendirme ve uzman eksikliği sebebiyle bilinmemektedir.

Çizelge 4.15. Blockchain teknolojisinin entegresi için öncülük etmesi gereken kuruluş

Blockchain teknolojisinin entegresi sırasında ortaya çıkan engellerin kaldırılması hangi kuruluşun öncülüğünde sağlanmalıdır?

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Özel Sektörler	4 kişi
Üniversiteler	1 kişi

Katılımcılara sorulan "Blockchain teknolojisinin entegresi sırasında ortaya çıkan engellerin kaldırılması hangi kuruluşun öncülüğünde sağlanmalıdır?" sorusundan elde edilen görüş 4 kişi Özel sektörler 1 kişi Üniversiteler şeklindedir (Çizelge 4.15.).

Genç ve ark. (2015)'nın çalışmasında yapılan ankette inşaat sektörüne yenilikçi teknolojilerin entegresi devlet tarafından yapılmalı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum görüş verilerine göre inşaat sektörüne ilk adımda gerekli yatırım ve bilgilendirme özel sektörler tarafından yapılmalı şeklinde değişim göstermiştir.

Çizelge 4.16. Yapı üretiminde rasyonellik ihtiyacının en fazla olduğu süreç

Niceliksel kararlara olanak sağlayan Blockchain teknolojisine en çok hangi yapı üretim sürecinde ihtiyaç duyulmaktadır?

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Paydaş Seçimi	2 kişi
Tedarik Zinciri	1 kişi
Sözleşmeler	1 kişi
Fizibilite çalışmaları	1 kişi
İş sağlığı ve güvenlik	-

Katılımcılara sorulan "Niceliksel kararlara olanak sağlayan Blockchain teknolojisine en çok hangi yapı üretim sürecinde ihtiyaç duyulmaktadır ?" sorusundan elde edilen görüş 2 kişi Paydaş seçimi 1 kişi Tedarik zinciri 1 kişi Sözleşmeler 1 kişi Fizibilite çalışmaları şeklindedir (Çizelge 4.16.).

Yapı üretiminde bilgi ve iletişim temelli riskler sözleşme, paydaş ve tedarik zincir alanlarıdır. Bu anlamda dijital dönüşümü gerçekleştirilen, otomasyonlu süreçler ilk adımda bu alanlara uygulanmalıdır (Penzes 2018). Bu bağlamda çalışma görüşü literatür çalışmasını desteklemektedir.

Çizelge 4.17. Blockchain teknolojisinin risk kararlarına etkisi

Blockchain teknolojisi ile alınan konsensüslu kararlar inşaat sektöründe risk paylaşımını dengeleyebilir.

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Evet katılıyorum	4 kişi
Hayır katılmıyorum	1 kişi
Fikrim yok	-

Katılımcılara yöneltilen "Blockchain teknolojisi ile alınan konsensüslu kararlar inşaat sektöründe risk paylaşımını dengeleyebilir" önermesinden elde edilen görüş 4 kişi Evet katılıyorum 1 kişi Hayır katılmıyorum şeklindedir (Çizelge 4.17.).

Türkiye inşaat sektörü geleneksel risk yönetim anlayışının merkeziyetçiliği sebebiyle bu alanda yapılan teknolojilere ihtiyaç duymakta ve blockchain gibi riski dengeleyen, rasyonelleştiren teknolojileri faydalı bulmaktadır.

Çizelge 4.18. Risk yönetiminde blockchain teknolojisinin ihtiyacı

İnşaat sektöründe Blockchain teknolojisine en çok hangi risk yönetim zorluğunda ihtiyaç vardır?

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Stratejik planlamalarda niceliksel verilerin eksikliği	4 kişi
Alınan kararların niteliksel olması/Güven eksikliği	1 kişi
Süre kayıpları	-

Katılımcılara sorulan "İnşaat sektöründe Blockchain teknolojisine en çok hangi risk yönetim zorluğunda ihtiyaç vardır ?" sorusundan elde edilen görüş 4 kişi Stratejik planlamalarda niceliksel verilerin eksikliği 1 kişi Alınan kararların niteliksel olması/Güven eksikliği şeklindedir (Çizelge 4.18.).

Türkiye inşaat sektörü risk yönetiminde alınan kararların niceliksel verilerle ispat edilebilme talebindedir. Güven eksikliğinin temel sebebi alınan kararların niceliksel verilere dayandırılamamasıdır (Penzes 2018, Nawari ve Ravindran 2019, Anonim 2020b). Bu bağlamda literatürde bahsedilen risk yönetiminde en büyük sorunun güven eksikliği ve ispat edilemez durumundan kaynaklı oluşu ve bu alana yapılacak blockchain teknolojisine ihtiyaç çalışma görüşleriyle de desteklenmektedir.

Çizelge 4.19. Blockchain teknolojisinin risk yönetimi için sağladığı fırsat

Blockchain teknolojisi risk yönetimi için ne tür fırsatlar sağlar?

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Verileri saklama özeliğiyle niceliksel planlamalar yapılmaktadır.	3 kişi
Dağıtık yönetim anlayışı sayesinde üretim sürecinde ortaya çıkan riskler eşit olarak paylaştırılır.	2 kişi
Hızlı, düşük maliyetli bilgi ve iletişim sağlamaktadır.	-

Katılımcılara sorulan "Blockchain teknolojisi risk yönetimi için ne tür fırsatlar sağlar?" sorusundan elde edilen görüşler 3 kişi Verileri saklama özelliğiyle niceliksel planlamalar yapılmaktadır, 2 kişi Dağıtık yönetim anlayışı sayesinde üretim sürecinde ortaya çıkan riskleri eşit olarak paylaştırır şeklindedir (Çizelge 4.19.).

Çizelge 4.18.'de de görüldüğü gibi inşaat sektöründe risk yönetimi alanında en büyük eksiklik ispat edilebilirlik, veri eksikliği ve stratejik planlamadır. Bu bağlamda blockchain teknolojisinin bahsedilen eksikliklere sunmuş olduğu özellik inşaat sektörü için birincil fırsat olarak görülmektedir.

Çizelge 4.20. Akıllı sözleşmelerin risk kararlarına etkisi

Akıllı sözleşmeler karar aşamalarında belirsizliği azaltarak risk odaklı yönetim anlayışını geliştirmektedir.

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Evet katılıyorum	3 kişi
Hayır katılmıyorum	1 kişi
Fikrim yok	1 kişi

Katılımcılara yöneltilen "Akıllı sözleşmeler karar aşamalarında belirsizliği azaltarak risk odaklı yönetim anlayışını geliştirmektedir." önermesinden elde edilen görüş 3 kişi Evet katılıyorum 1 kişi Hayır katılmıyorum ve 1 kişi Fikrim yok şeklindedir (Çizelge 4.20.).

Akıllı sözleşmeler tedarik zincir süreçlerinde otomasyonlu ödemeler ve onaylama süreçleri için kullanılmaktadır (Lundesjö 2015). Akıllı sözleşmelerin sağladığı otomasyonlu süreçler ve kodlarla belirlenen her türlü değer garantisi, sektörün yatırım iştahını arttırmakta ve risk odaklı yönetim anlayışını geliştirmektedir. Bu bağlamda görüş verileri literatürde bahsedilen görüşü desteklemektedir.

Çizelge 4.21. Akıllı sözleşmelerin inşaat sektörüne etkisi

Akıllı sözleşmelerin en çok hangi özelliği inşaat sektörü için gereklidir?

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Rutin prosedürlerin otomasyonu sayesinde emek yoğun iş yükünün azaltılması/dengelenmesi	2 kişi
Süreçlerin dijital ortamda kayıtlı kalması ve sonraki kararlar için stratejik planlamalar oluşturması	2 kişi
İspat edilebilir, şeffaf süreçler sayesinde güven ortamı oluşturması	1 kişi

Katılımcılara sorulan "Akıllı sözleşmelerin en çok hangi özelliği inşaat sektörü için gereklidir?" sorudan elde edilen görüş 2 kişi Rutin prosedürlerin otomasyonu sayesinde emek yoğun iş yükünün azaltılması/dengelenmesi 2 kişi Süreçlerin dijital ortamlarda kayıtlı kalması ve sonraki kararlar için stratejik planlamalar oluşturması ve 1 kişi İspat edilebilir, şeffaf süreçler sayesinde güven ortamı oluşturması şeklindedir (Çizelge 4.21.).

Önceki çalışma sorularından edilen görüşlerden de bilindiği gibi (bkz. Çizelge 4.18. ve Çizelge 4.19.) inşaat sektörünün niceliksel verilerle stratejik planlamalar, ispat edilebilirlik konularında teknolojik iyileştirmelere ihtiyacı vardır. Akıllı sözleşmelerin sağladığı rasyonel ve otomasyonlu süreçler bahsedilen ihtiyaçları gidermektedir. Literatür çalışmasında bahsedilen FIATECH anlaşmasında da görüldüğü gibi (bkz. Nawari ve Ravindran 2019) rutin prosedürlerde otomasyonlu işlemler sayesinde zaman ve maliyet kazanımları elde edilebilmektedir. Bu bağlamda akıllı sözleşmeler inşaat sektörünün talebine karşılık verebilecek şekilde geliştirilmiştir.

Çizelge 4.22. Blockchain teknolojisi gelecek beklentisi

Blockchain teknolojisi herkesin kullanacağı teknoloji haline gelecektir.

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Evet katılıyorum	3 kişi
Fikrim yok	2 kişi
Hayır katılmıyorum	-

Katılımcılara yöneltilen "Blockchain teknolojisi herkesin kullanacağı teknoloji haline gelecektir." önermesinden elde edilen görüş 3 kişi Evet katılıyorum ve 2 kişi Hayır katılmıyorum şeklindedir (Çizelge 4.22.).

"Blok zinciri teknolojisinin çok yakın bir süre içinde başta finans sektörü olmak üzere birçok farklı sektörde yoğun şekilde kullanılmaya başlanacağının habercisi olarak yorumlanabilir." (Ünsal ve Kocaoğlu 2018) Blockchain teknolojisinin sağladığı şeffaflık, güven, ispat edilebilirlik ve otomasyonlu süreçler sayesinde gelecekte neredeyse tüm sektörlerde kullanılan teknoloji olacaktır. İnşaat sektöründe ise tedarik zinciri, paydaş seçimi, stratejik planlamalar gibi süreçler için gelecekte kullanılacak teknolojilerin başında gelmektedir (Forni 2017., Penzes 2018). Bu bağlamda çalışma görüşü literatürü desteklemektedir.

Çizelge 4.23. Sektörlerde en çok tercih edilecek blockchain kullanım alanı

Gelecekte blockchain kullanımı en çok hangi kullanım alanıyla ön plana çıkacaktır?

Seçenekler	***Yanıtların kişiye göre dağılımı***
Büyük veri analizi	4 kişi
Akıllı sözleşmeler	1 kişi
Yapay zeka	-

Katılımcılara yöneltilen "Gelecekte blockchain kullanımı en çok hangi kullanım alanıyla ön plana çıkacaktır ?" önermesinden elde edilen görüş 4 kişi Büyük veri analizi ve 1 kişi Akıllı sözleşmeler şeklindedir (Çizelge 4.23.).

Yu ve ark. (2018)' göre gelecekte blockchain teknolojisi büyük veri analizi ve ölçümü için ideal bir ortam sunabilen en önemli teknolojilerden biri olacaktır. Veri depolama ve analiz edebilen bir ortam olarak blockchain teknolojisi inşaat sektörünün risk yönetim kararlarında öncelikli talebi olan stratejik planlama ve rasyonellik ihtiyacını giderebilecektir.

5. SONUÇ

İnşaat sektörünün dijital dönüşümü ve risk odaklı yönetim anlayışının gelişmesi için yapı üretim süreçlerine teknolojik araçların entegresi, tez çalışmasının çıkış noktasını oluşturmaktadır. Çalışma öncesi yapılan literatür araştırması sonucunda geleneksel risk yönetim kararlarının iyileştirilmesi sektörün dijital dönüşümü için gereken öncelikli alan olduğu saptanmıştır. Risk yönetimlerinde belirsizlik olgusunun risk tabanına oturtularak rasyonel şekilde yönetilmesi için yatırım isteği yüksek risk odaklı yönetim anlayışına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda dijital çağ yapı üretim süreçlerinin risk yönetimi kapsamında teknolojik araçlardan biri olan blockchain teknolojisi ile iyileştirilmesi ve aynı anda yenilikçi risk odaklı yönetim anlayışının da geliştirilmesi çalışmanın öncelikli amacını oluşturmaktadır. Blockchain teknolojisi başta finans sektörü olmak üzere; turizm, sağlık hizmetleri, eğitim, savunma ve inşaat sektörü gibi pek çok sektör tarafından kullanılmaktadır. Çalışma ile inşaat sektörünün risk yönetim kararlarında akıllı sözleşmelerin kullanılmasının potansiyel faydasını ortaya koyma, bu alanda ihtiyaç duyulan teknolojik belirsizliklerin netleştirilmesi ve dijital dönüşüm sürecinde olan inşaat sektörüne bir kaynak oluşturmak amaçlanmıştır. Sonuç olarak çalışma risk yönetimi, dijital çağda risk yönetimi ve blockchain teknolojisi/akıllı sözleşmeler başlıkları etrafında şekillenmektedir.

Geleneksel risk yönetimlerinde alınan kararlarda belirsizlik unsuru daha fazla yer almaktadır. Bunun temel sebebi niteliksel, deneyime bağlı, stratejik olmayan anlık kararlardır. Bu durum zaman, maliyet ve kalite açısından başarısız sonuçlara sebep olarak sektörün risk kavramını tehlike ile eşleştirmesine sebep olmuştur. Sektörler arasında inşaat sektörünün dijital dönüşümünü geç gerçekleştirmesindeki temel sebep yatırım eksikliği, yetişmiş uzman eksikliği ve risk alma isteğinin düşük olmasıdır. Riskin tehdit değil bir fırsat ve rekabet aracı olarak görüldüğü risk odaklı yönetim anlayışı; hem inşaat sektörünün dijital çağda ayakta kalmasına hem de yapılacak yeni teknolojik yatırımları desteklediği için yapı üretim süreçlerinin iyileştirilmesine de öncülük edecektir. Bu bağlamda çalışmada risk odaklılık ve teknoloji kullanımıyla gelen rasyonellik birbiriyle ilişkilendirilmiştir. Türkiye inşaat sektöründe risk odaklı yönetim anlayışı henüz gelişmemiş olsa da teknolojik yatırımların sektörde rekabet aracı olacağı görüşü

gelişmektedir. Yapı üretim sürecinde gerçekleştirilen risk yönetim kararlarının nitelikselliği proje sürecinde güven ortamını zedelediği literatür ve anket verileriyle saptanmıştır.

İnşaat sektöründe dijital dönüşümü gerçekleştirmek için öncelikle dijital çağ kavramlarının açıklanması gereklidir. Bu alanda yetişmiş uzman ve yeterli akademik çalışmanın olmaması sebebiyle pek çok sektörün sayısallaştırma, dijitallik ve dijital dönüşüm kavramlarını amacına uygun olmayan, kısa vadede güncel kalabilmek adına gereksiz yatırımlarda bulunulduğu saptanmıştır. Sektörlerde kısa vadeli ve müşteri odaklı dijitallik anlayışı yerine, yönetim birimlerine planlama ve strateji odaklı teknolojik araçların entegresi, uzun vadede kalıcı kazanç ve rekabet edilebilirliği getirebilmektedir. Proje başarısına doğrudan etkileyen temel bilgi alanlarından biri olan risk yönetiminin teknolojik imkanlarla iyileştirilmesi dijital dönüşümü ve proje başarısını beraberinde getirecektir.

Çalışmada yapı üretim süreçlerinde dijital dönüşümün gerçekleştirilmesi, risk yönetim birimlerince alınan kararların uygulanması önerilen blockchain teknolojisi ve uzantısı olan akıllı sözleşmeler teknolojileriyle eşleştirilmiştir. Geleneksel risk yönetim anlayışının merkeziyetçi, rasyonel olmayan, deneyime bağlı, üçüncü taraflara bağımlı karar mekanizması sebebiyle proje zaman, maliyet ve kalitesine olumsuz etkisi olduğu bilinmektedir. Blockchain teknolojisinin sağladığı dağıtık defter teknolojisi dijital ortamda her işlem geçmişinin kayıt altında tutulduğu, şeffaf, ispat edilebilir ve otomasyonlu olma özelliğiyle bahsedilen alanlardaki talebe karşılık verebilmektedir. Alınan kararların ortak akılla ve ispat edilebilir şekilde gerçekleşmesi risk paylaşımını eşit şekilde yapabilmektedir. Dağıtık defter teknolojisinin kayıtlı, ispat edilebilir ve IoT, yapay zeka gibi teknolojilere ortam oluşturarak inşaat sektöründe birincil ihtiyaç olan stratejik planlamalar ve niceliksel veri eksikliği talebine cevap verebilmektedir.

Akıllı sözleşmelerin en önemli faydası; başta ödemeler olmak üzere iş ve iş süreçlerinde otomasyonlu kodlarla sağladığı garanti durumunun risk yönetimlerinde belirsizliği azaltarak, güven ortamını oluşturmasıdır. Böylece yatırımların artmasına ve genel proje başarısına büyük oranda katkı sağlamaktadır. Yapılan çalışmada elde edilen uzman görüş

sonuçlarına göre akıllı sözleşmeler ile yapı üretim süreçlerinde en çok verilerin arşivlenmesi, stratejik planlamaların oluşturulması ve rutin prosedürlerin otomasyonuyla emek yoğun iş yükünün azaltılarak enerjinin daha verimli alanlara kaydırılması öncelikli faydayı sağlayabilecektir.

İnşaat sektöründe kullanılan dijital araçlar (BIM vb.) dokümasyon yönetimi, karar alma, veri saklama ve stratejik planlamalar yapma gibi özellikler açısından sektör talebine cevap verememektedir. Bu noktada blockchain teknolojisi ve akıllı sözleşmeler sektörün bu alandaki ihtiyacına en uygun şekilde cevap verebilecektir. İnşaat sektörünün dijital dönüşümü önündeki en önemli engellerden biri yetersiz bilgilendirme ve yetişmiş uzman eksikliğidir. Çalışma bu yönüyle sektörün eksikliğine kaynak oluşturması hedeflenmiştir.

Blockchain teknolojisinin üretim süreçlerine getirdiği güven, şeffaflık ve ispat edilebilirlik kavramlarıyla risk yönetim kararlarına avantaj sağladığı görülmüştür. Yapay zeka, IoT, bulut teknolojileri gibi pek çok teknolojilere ortam sağlayan blockchain teknolojisinin uluslararası teknoloji danışmanlığı yapan şirketler tarafından gelecek teknolojilerin başında kullanılacağı görüşü hakimdir. Gelecekte blockchain teknolojisinin inşaat sektörü için ilk adımda akıllı sözleşmeler ile yapı üretim süreçlerinin karar mekanizmasına uygulanacağı ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

Ablyazov, T. Petrov, I. 2018. Influence of blockchain on development of interaction system of investment and construction activity participants. Materials Science and Engineering. IOP Publishing. Rusya.

Aksu, H. 2019. Dijitopya. Pusula Yayınları, İstanbul, 421.

Aksu, H., Candan, U., Çankaya, M. 2011. Her Şey Çıplak Bildiğiniz İnternetin Sonu. Mediacat Yayınları, İstanbul, 232.

Al-Kodmany. 2015. Tall Buildings and Elevators: A Review of Recent Technological Advances. *Buildings,* 5(3): 1071-1104.

Andersen, E. S., Grude, K. V., Haug. 1987. Goal directed project management. Kogan Page/Coopers & Lybrand, London, 256.

Anonim, 2004. A guide to the project management body of knowledge PMBOK Guide. Project Management Institute, ISBN-13: 978-1930699458, USA.

Anonim, 2009. A guide to the project management body of knowledge PMBOK Guide, Project Management Institute, ISBN-13: 978-1933890517, USA.

Anonim. 2014. Successful capital project delivery: The art and science of effective governance. PwC (Price water house Coopers), https://www.pwc.com/us/capitalprojects (Erişim Tarihi:2.Ocak.2021).

Anonim. 2015. Dijitalleşme Endeksi Türkiye Sonuçları. Accenture, www.tbv.org.tr/core/uploads/page/document/1100_18031611540.pdf -(Erişim Tarihi: 5.Ekim.2020).

Anonim. 2016. Risk Yönetimi. Eskişehir Sanayi Odası. Eskişehir Ticaret Odası. http://www.etonet.org.tr/uploads/20160418FirmalarIcinFinansalRiskY%C3%B6netimi.pdf (Erişim Tarihi: 10.Eylül.2020).

Anonim. 2017a. Maersk and IBM Unveil First Industry-Wide Cross-Border Supply Chain Solution on Blockchain. IBM, https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/51712.wss- (Erişim Tarihi:10.Eylül.2020).

Anonim, 2017b. Project Management Body of Knowledge, Project Management Institute, ISNB-13: 978-1628251845, USA.

Anonim, 2018. Contract Management Guidelines. PMMS global specialist in procurement, www.mav.asn.au/__data/assets/word_doc/0017/4490/Contract-management-guidelines.docx –(Erişim Tarihi: 20.Eylül.2020).

Anonim, 2018. Dijital Ekonomide Meslekler ve Yetkinlikler. T.C. Kalkınma Bakanlığı, yayın no: KB: 3000 - ÖİK: 781, Ankara.

Anonim. 2020a. Yapı Bilgi Modelleme. Autodesk, https://www.autodesk.com.tr/solutions/bim -(Erişim Tarihi: 2.Aralık.2020).

Anonim. 2020b. Blockchain Technology edX Online Cources. Berkeley University, https://blockchain.berkeley.edu/courses/ (Erişim Tarihi: 1.Aralık. 2020).

Anonim. 2020c. Digital Transformation. Gartner Glossary Information Technology, https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digital-transformation –(Erişim Tarihi: 3.Ekim.2020).

Anonim. 2020d. Plan of Work 2020 Overview. RIBA, https://www.architecture.com/-/media/GatherContent/Test-resources-page/Additional-Documents/2020RIBAPlanofWorktemplatepdf.pdf –(Erişim Tarihi: 7.Kasım.2020).

Anonim. 2020e. Dijital Dönüşüm Nedir?. Dijital Akademi. TÜBİTAK-BİLGEM, https://www.dijitalakademi.gov.tr/dijital-donusum-nedir–(Erişim Tarihi: 15.Ekim.2020).

Baloi, D. and Price, A.D.F. 2003. Modelling global risk factors affecting construction cost performance. *International Journal of Project Management*, 21(4): 261-269.

Baran, P. 1964. On Distributed Communications Networks. *IEEE Transactions on Communications Systems,*12(1): 1-9.

Barnett, J. 2016. Blochain for BIM | Smart Contracts Lawyer. http://www.jeremybarnett.co.uk/blochain-for-bim-smart-contracts-lawyer –(Erişim Tarihi:10.Mart.2021).

Başyazıcı, U. 2020. BIMgenius Türkiye BIM Raporu Genel Eğilim ve Beklentiler 2019. BIMgenius. İstanbul.

Bellec, M. & Cottard, O. 2016. Contract manager: a new project team member? PMI Global Congress, May 2016, FMI, Barcelona.

Berke, A. 2017. How Safe Are Blockchains? It Depends. Harvard Business Review, https://hbr.org/2017/03/how-safe-are-blockchains-it-depends -(Erişim Tarihi: 2.Ocak.2021).

Birgönül, M.T., Dikmen, İ. 1996. İnşaat Projelerinin Risk Yönetimi, *İMO Teknik Dergi*, 7(34): 1305-1326.

Birgönül, M.T., Dikmen, İ. 1996. İnşaat Projelerinin Risk Yönetimi. İnşaat Mühendisleri Odası, https://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/4166.pdf -(Erişim Tarihi: 20.Eylül.2020).

Bodicha, H. H. 2015. How to Measure the Effect of Project Risk Management Process on the Success of Construction Projects: A Critical Literature Review. *The International Journal of Business and Management*, 3(12): 99-112.

Brocal, F., Sebastian, M., Gonzalez, C. 2019. Advanced Manufacturing Processes and Technologies: Management of Emerging Public Health Issues and Risks, Editors: Roig, B., Thireau, V., Weiss, K., Elsevier Inc., France, 31-64.

Buterin, V. 2013. A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform, *Ethereum Whitepaper*. 3(37): 1-36.

Casey, M., J., Wong, P. 2017. Global Supply Chains Are About to Get Better, Thanks to Blockchain. Harvard Business Review, https://hbr.org/2017/03/global-supply-chains-are-about-to-get-better-thanks-to-blockchain –(Erişim Tarihi: 1.Mart.2021).

Crosby, M., Nachiappan., Pattanayak, P., Verma, S., Kalyanaraman, V. 2016. Blockchain Technology: Beyond Bitcoin. Applied Innovation Review. Berkeley University. California.

Çanakçıoğlu, M. 2019. Yalın Düşünce Felsefesinde İsrafla Mücadele Araçları. *Social Sciences Research Journal,* 8 (3): 270-282.

Çarıkçı, O., Yıldırım, A. 2020. Risk odaklı iç denetimin stratejik yönetim anlayışı açısından değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi,* 11(26): 302-313.

Çeliktaş, M., Sonlu, G., Özgel, S., Atalay, Y. 2015. Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası. *Endüstri ve Mühendislik,* 56(662): 24-34.

Çokgör, O. 2016. Risk yönetimi bilgilendirme semineri. Makine Mühendisleri Odası, Mayıs 2016, Ankara.

Dai, H., Ge, L. and Zhou, W. 2015. A design method for supply chain traceability systems with aligned interests. *International Journal of Production Economics*, 170: 14-24.

Koskela, L., Howell, G. 2002. The underlying theory of project management is obsolete. Proceedings of the 2002 PMI Conference, Seattle, WA.

Daniotti, B., Gianinetto, M., Della Torre, S. 2020. Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment. Springer International Publishing, Italy, 400.

Demirci, M., Oral, E. ve Erdiş, E. 2004. İnşaat Firmalarında Teklif Fiyatı Belirleme Stratejileri, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Adana Şubesi. Adana.

Deutsch, M. 1958. Trust and Suspicion. *Journal of Conflict Resolution*, 2(4): 265-279.

Doğantekin, S. 2016. Yeni Sihirli Kelime: Blockchain, https://medium.com/@sdogantekin/yeni-sihirli-kelime-blockchain-68864a30fee9 -(Erişim Tarihi: 30.Aralık.2020).

Durbilmez, S., Türkmen, S. 2019. Blockchain Teknolojisi ve Türkiye Finans Sektöründeki Durumu. *Finansal Ekonomik ve Sosyal Çalışmalar*, 4(1): 2602 – 2486.

Elkington, P. Smallman, C. 2002. Managing project risks; a case study from the utilities sector. *International journal of project management*, 20 (1): 49-57.

Erdamar, B. 2020. Blokzincir Temel Kavramlar ve Uygulamalar Teknolojisi. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2020, Ankara.

Eren, E. 2011. Yönetim ve Organizasyon (Çağdaş ve Küresel Yaklaşımlar). Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 612.

Eren, F. 1996. Borçlar Kanunu Açısından İnşaat Sözleşmeleri. İnşaat Sözleşmeleri Ortak Semineri. Banka ve Ticaret Hukuku Enstitüsü, 18-29 Mart 1996, Ankara.

Evcimen, T. 2016. İnşaat Mühendisliğinde Proje Yönetimine Giriş. İ.M.O. Ankara.
F., W., Taylor. 1911. Principles of scientific management. CosimoClassics, Newyork, 146.

Forni, A. A. 2017. Gartner Identifies the Top 10 Strategic Technology Trends for 2017. Gartner Group, https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2016-10-18-gartner-identifies-the-top-10-strategic-technology-trends-for-2017 –(Erişim Tarihi: 5.Kasım.2020).

Francis, J. 2018. How BPM is Taking a Central Role in Digital Transformation. BPM, https://kissflow.com/bpm/how-bpm-is-taking-a-central-role-in-digital-transformation(Erişim Tarihi:20.Ekim.2020).

Freeman, R. E. 1984. Strategic Management: A Stakeholder Approach, Pitman, Boston, 276.

Frooman, J. 1999. *Academy of Management Review*. 24(2): 191-205.

Ganne, E. 2018. Smart contracts – A smart invention with no smart component: Can Blockchain revolutionize international trade?, Editor: WTO Publications Manager., World Trade Publications, Switzerland, 13-14.

Genç, O., Bozkurt, A., Coşkun, H., Erdiş, E. 2016. Türkiye İnşaat Endüstrisindeki İnovasyon Düzeyinin İnşaat Mühendisliği Penceresinden Görünümü. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2): 183-190.

Gürbüz, A. 2019. Yapı Mühendisliğinde Blok Zinciri Uygulamaları. *A Journal of Structural Science and Innovation*, 1(1): 26-31.

Gürler, İ., Güler, M., E., 2009. Üretim Süreçlerinde Kullanılan Teknoloji İçin Seçim Kriterleri ve Süreçlerin Yeniden Yapılandırılmasında Simülasyon Uygulaması. *Ege Akademik Bakış,* 9(2): 623-635.

Hampton, N., 2016. Understanding the blockchain hype: Why much of it is nothing more than snake oil and spin. Computerworld, http://www2.computerworld.com.au/article/606253/understanding-blockchain-hype-why-much-it-nothing-more-than-snake-oil-spin/ -(Erişim Tarihi: 2.Ocak.2021).

Hertz, D. B., Thomas, H. 1983. Risk analysis: Important new tool for business planning. *Journal of Business Strategy*. 3(3): 23-29.

Hirigoyen, J. 2016. Sourcing responsibly A market insight into sustainability attitudesand practices. Tata Steel, United Kingdom.

Hoover, S., Howsam, R., Kennedy, M. 2018. Managing Risk in Digital Age. Fails Management Institute, Houston.

Hunhevicz, J., J., Hall, D., M. 2020. Do you need a blockchain in construction? Use case categories and decision framework for DLT design options. Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, Switzerland.

Iansiti ve Lakhani. 2017. The Truth About Blockchain. Harvard Business Review, https://hbr.org/2017/01/the-truth-about-blockchain –(Erişim Tarihi:20.Şubat.2021).
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergi, 7(12): 1-38.

Jafaari, A., 1999. Management of risks, uncertainties and opportunities on projects: time for a fundamental shift. *International Journal of Project Management,* 19(2001): 89-101.

Jha, K., N. 2004. Factors for the success of a construction project in India: an empirical study, Indian Institute of Technology, Civil Engineering Department, *PhD Thesis,* New Delhi.

Khan, A., Turowski, K. 2016. A Survey of Current Challenges in Manufacturing Industry and Preparation for Industry 4.0: Proceedings of the First International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry", Editor: Kacprzyk, J., Poland, 15-26.

Khan, M. A., Salah, K. 2017. IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges. *Future Generation Computer Systems*, 82 (2018): 395-411.

Kotha, S., Swamidass P., M. 2000. Strategy, Advanced Manufacturing Technology and Performance: Empirical Evidence from U.S. Manufacturing Firms. *Journal Of Operations Management,* 18: 257-277.

Köksal, T. 2010. Uluslararası İnşaat Sözleşmesi Modeli Olarak FIDIC İnşaat İşleri Sözleşme Şartları. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 2010-1(20): 86-109.

Kraus, V., Lehner, O. M. 2012. The nexus of enterprise risk management and value creation: A systematic literature. Cambridge Publishing House, Austria, 639.

Kraft, D., 2011. Medicines's future? There is an app for that. Ted Talks, https://www.ted.com/talks/daniel_kraft_medicine_s_future_there_s_an_app_for_that(Erişim Tarihi: 17.Ekim.2020).

Kumar, A., 2017. Methods and materials for smart manufacturing: additive manufacturing, internet of things, flexible sensors and soft robotics. *Manufacturing Letters*, 15(B): 122-125.

Kumara, S., Warnakulasuriya, B.,N.,F., Arachchige, B., J., H. 2018. A Review of the Skill Shortage Challenge in Construction Industry in Sri Lanka. *International Journal of Economics*, 2(1): 75-89.

Kuşan, H., Özdemir, İ. 2008. İnşaat Projelerinde Risk Yönetimi ve Yapay Zeka Yöntemlerinin Kullanımı**.** *Türkiye Mühendislik Haberleri,* 451(5): 38-43.

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. International Conference on Smart Infrastructure and Construction (ICSIC), July 2019, Cambridge.

Lundesjö, G. 2015. Supply Chain Management and Logistics in Construction: Delivering Tomorrow's Built Environment. Kogan Page; Illustrated edition, United Kingdom, 288.

Mrugalska, B., Wyrwicka, M.K., 2017. Towards lean production in industry 4,0. 7th International Conference on Engineering, Project, and Production Management, December 2017, Poznan University of Technology, Strzelecka.

Murck, P. 2017. Who Controls the Blockchain ?. Harvard Business Review, https://hbr.org/2017/04/who-controls-the-blockchain -(Erişim Tarihi: 10.Mart.2021).

Nakamoto, S. 2008. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf -(Erişim Tarihi: 15.Kasım.2020).

Nawari, N. O., Ravindran, S. 2019. Blockchain and Building Information Modeling (BIM): Review and applications in post-disaster recovery. *Buildings*, 9(6): 2-32.

Nawari, N. Ravindran, S. 2019. Blockchain and Building Information Modeling (BIM): Review and Applications in Post-Disaster Recovery, *Buildings*, 9(6): 1-32.

Nijhof, A., Graafland, J., de Kuijer, O. 2009. Exploration of an agenda for transparency in the construction industry. *Construction Innovation*, 9(3): 250-267.

Osipova, E., Atkin, B. 2008. From project-oriented to process-oriented risk management in construction. CIB International Conference on Building Education and Research Building Resilience Conference, 11-15 February, Heritance Kandalama, Sri Lanka.

Penzes, B. 2018. Blockchain Technology in the Construction Industry. Digital Transformation for High Productivity, Aralık 2018, Institution of Civil Engineers, England.

Polat, İ., H., 2020. Blokzincir Temel Kavramlar. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, 2020, Ankara.

Porter, M. E., 1980. Competitive strategy. *The Academy of Management Review,*10(4): 873-875.

Reijers, H. A. 2006. Implementing BPM systems: The role of process orientation. *Business Process Management Journal*, 12(4): 389-409.

Renn, O., 1998. The Role of Risk Perception For Risk Management, *Reliability Engineering and System Safety*, 59:49-62.

Renn, O., Benighaus, C. 2012. Perception of technological risk: insights from research and lessons for risk communication and management. *Journal of Risk Research*, 16(3): 293-313.

Rogers, D., L. 2016. The Digital Transformation Playbook, Columbia Business School Publishing, New York, 278.

Rogers, D., L. 2016. The Five Domains of Digital Transformation: Customers, Competition, Data, Inovation, Value: The Digital Transformation Playbook, Columbia Business School Publishing, New York, 1-18.

Rychagov, M., Kinyakina, E. 2018. Blockchain üzerinde Rosreestr. Mortgage işlemi bir dakika içinde kaydedilebilir. Forbes, https://www.forbes.ru/tehnologii/356893-rosreestr-nablokcheyne-ipotechnuyu-sdelku-mozhno-zaregistrirovat-za-minutu- (10.Eylül.2020).

Sharma, T., K., 2019. Top 10 Countries Leading Blockchain Technology in the World. Block-council, https://www.blockchain-council.org/blockchain/top-10-countries-leading-blockchain-technology-in-the-world/-(Erişim Tarihi: 5.Eylül.2020).

Sima, V., Gheorghe, I., G., Subic, J., Nancu, D. 2020. Influences of the Industry 4.0 Revolution on the Human Capital Development and Consumer Behavior: A Systematic Review. *Sustainability*, 12(10): 1-28.

Simona-Iulia, C. 2014. Comparative study between traditional and enterprise risk management-a theoretical approach. *Annals of the University of Oradea*, 23(1): 276-282.

Smithers, G. L., Walker, D. H. T. 2000. The effect of the workplace on motivation and demotivation of construction professionals. *Construction Management and Economics*, 18(07): 833-841.

Stanleigh, M. 2015. Project Risk Management. Bussiness Improvement Architects, https://bia.ca/project-risk-management/-(Erişim Tarihi: 11.Eylül.2020).

Stougiannos, L., Magneron A. 2018. BIM, Blockchain and the Smart Construction Contract, https://www.millerthomson.com/en/blog/breaking-groundmt-construction-law/bim-blockchain-smart-constructioncontract/ -(Erişim Tarihi: Şubat.10.2021).

Serpell, A., Ferrada, X., Rubio, L., Arauzo, S. 2015. Evaluating Risk Management Practices in Construction Organizations, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 194(2015): 201-210.

Şahinaslan, E., Şahinaslan, Ö. 2019. Dijital dönüşümde öncelikli alanlar ve ilgili teknolojiler. Uluslararası İşletme ve Pazarlama Kongresi, 13-14 Haziran 2019, Maltepe Üniversitesi, İstanbul.

Şeker, Ş., E. 2020. Bilgi Teknolojilerine Giriş: Yazılım Nedir?. BTK Akademi, https://www.btkakademi.gov.tr/portal/course/deliver/bilgi-teknolojilerine-giris-9391#!/play –(Erişim Tarihi: 15.Ekim.2020).

Tah, J.H.M. and Carr, V. 2000. A proposal for construction project risk assessment using fuzzy logic. *Construction Management & Economics*, 18(4): 491-500.

Tapscott, D., Tapscott, A. 2017. How Blockchain Will Change Organizations. *MIT Sloan Management Review*, 58(2): s. 10-13.

Taş, M. 2003. Türkiye 'de Yapı Üretiminin Yeniden Yapılanması İçin Model Önerisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, *Doktora Tezi*, İstanbul.

Tanyer, A. M., Pekeriçli, M. K. 2006. İnşaat Sektörü için Bilgi Teknolojilerindeki Son Gelişmeler. *Tasarım Merkezi Dergisi*, 451: 1-26.

Tucker ve Catalani 2018. What Blockchain Can't Do ?. Harvard Business Review, https://hbr.org/2018/06/what-blockchain-cant-do -(Erişim Tarihi: 10.Mart.2021).

Tupa, J., Simota, J., Steiner, F. 2017. Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, Modena, Italy.

Turk, Z., Klinic, R. 2017. Potentials of Blockchain Technology for Construction Management. *Procedia Engineering*, 196 (2017): 638-645.

Uğur, O. L. 2006. İnşaat Sektöründe Riskler ve Risk Yönetimi. Türkiye Müteahhitler Birliği, https://www.tmb.org.tr/arastirma_yayinlar/risk_yonetimi_10112006.pdf-(Erişim Tarihi: 11.Eylül12020).

Uğur, O. L. 2014. Yapı İşleri Mevzuatı ve Yapım İşleri Genel Şartnamesi Üzerine Yüklenici İnşaat Firmaları Orijinli Eleştirel Bir Bakış. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(2014): 374-393.

Usta, A., Doğantekin, S. 2018. Blockchain 101 v2. Bankalararası Kart Merkezi, Türkiye, 156.

Ünsal, E., Kocaoğlu, Ö. 2018. Blok Zinciri Teknolojisi: Kullanım Alanları, Açık Noktaları ve Gelecek Beklentileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 13: 54-64.

vom Brocke, J., Schmiedel, T., Recker, JC, Trkman, P., Mertens, W. ve Viaene, S. 2014. İyi iş süreci yönetiminin on ilkesi*, İş Süreçleri Yönetimi Dergisi,* 20 (4): 530-548.

Wang, J., Wu, P., Wang, X., Shou, W. 2017. The outlook of blockchain technology for construction engineering management. *Front. Engineering*, 4(1): 67-75.

Wang, S., Dulami, M., Agar, M. 2004. Risk management framework for construction projects in developing countries. *Construction Management and Economics*, 22(3): 237-252.

Womack, J. P., Jones, D. T. 2003. Lean Thinking. Simon & Schuster UK Ltd, Sydney, 379.

Womack, J., P., Jones, D., T., Roos, D. 1990. The Machine That Changed The World. Free Press, New York, 327.

Wu, H., Li, Z., King, B., Ben Miled, Z., Wassick, J., Tazelaar, J. 2017. A distributed ledger for supply chain physical distribution visibility. Integrating process-oriented, eventbased and data-driven systems. *Information*, 8(4): 137-155.

Xu, X., Weber I., Staples, M. 2019. Architecture for Blockchain Applications. Springer, Cham, Switzerland, 307.

Yaman, H. 2019. Yapı Üretim Sistemlerinin Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, https://web.itu.edu.tr/yamanhak/ders/yus/YS-ozet-hf3.pdf-(Erişim Tarihi: 10.Eylül.2020).

Yankın, F. B. 2019. Dijital Dönüşüm Sürecinde Çalışma Yaşamı. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2): 1-38.

Young, T. L. 2016. Successful project management. Kogan Page Publishers 5th edition, USA, 224.

Zaychenko, I., Smirnova, A. Borremans, A. 2018. Digital transformation: the case of the application of drones in construction. MATEC Web of Conferences, 20 August 2018, ESCI Sciences, Online.

Zheng, Z., Xie, S,. Dai, H., Chen, X., Wang, H. 2018. Blockchain challenges and opportunities: a survey. *Int. J. Web and Grid Services*,14(4): 352-375.

EK 1

Türkiye inşaat sektörünün risklerin dijital dönüşümüne bakış açısı

Çalışmada konu edilen yapı üretim süreci boyunca kullanılan blockchain teknolojisinin, proje süresince alınan her türlü kararın oluşturduğu risklerin yönetimini hedefine uygun şekilde gerçekleştireceği öngörülmektedir. Bu amaçla kullanılan blockchain teknolojilerinden biri otomasyonlu akıllı sözleşmelerdir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinden biri olan blockchain teknolojisinin Türkiye inşaat sektörüne entegresi için sektörün ihtiyaçları, engelleri ve bakış açılarının belirlenmesi amacıyla 23 soruluk anket çalışması hazırlanmıştır. Aşağıda anket sorularında bahsedilen blockchain teknolojisi ve akıllı sözleşme kavramlarının açıklamaları yer almaktadır.

Blockchain Teknolojisi

Blockchain inşaat sektöründe güven ve işbirliğini artırmak için dijital bilgi, yönetim ve sözleşmeler gibi alanlarda kararların değiştirilemez ve şeffaf şekilde kayıt altında alınmasını sağlayabilen teknolojidir.

Blockchain sistemi yapı üretim sürecinde sağladığı dağıtık defter özelliği ile kayıtlı işlem geçmişleri tutulmakta, stratejik kararların yönetim, kontrol vb. süreçlerde hızlı ve ispat edilebilir otomasyonlu şekilde alınması sağlanmaktadır. Bu özellikleriyle blockchain teknolojisi inşaat sektöründe güven kavramını sağlayan, buna bağlı riskleri azaltan bir teknoloji olarak görülmektedir.

Akıllı Sözleşmeler

Akıllı sözleşmeler bir iş süreç maddelerinin ön kodla yürütüldüğü inşaat sektörünün dijital dönüşümünü gerçekleştirecek birincil blockchain uygulaması olarak görülmektedir. İnşaat sektöründe akıllı sözleşmeler başlıca tedarik zincir, paydaş seçimi, fikri mülkiyet hakları, gayrimenkul alım-satımı, ödemeler, performans ölçümleri gibi süreçlerde kullanılmaktadır.

1. **İnşaat sektöründe gelecek beklentinizi hangi üretim şekli karşılamaktadır?**

Yalın üretim

Akıllı üretim

Tam zamanında üretim

2. **İnşaat projelerinin yönetiminde en çok hangi temel bilgi alanında teknolojik araçları kullandınız?**

Entegrasyon yönetimi

Kapsam yönetimi

Süre yönetimi

Maliyet yönetimi

Kalite yönetimi

İnsan kaynakları yönetimi

İletişim yönetimi

Risk yönetimi

Tedarik yönetimi

3. **Proje yönetiminde niteliksel, karar vericilerin deneyimine bağlı alınan karalar, paydaşlar arasında ihtiyaç duyulan güven ortamına tehdit oluşturmaktadır.**

Evet katılıyorum

Hayır katılmıyorum

Fikrim yok

4. **İnşaat projelerinin yönetiminde teknolojik araçları en çok hangi süreçlerde kullandınız?**

Talep aşaması

Planlama aşaması

Tasarım aşaması

Yapım aşaması

Teslim ve kontrol aşaması

5. **Risk yönetiminde alınan kararları doğrudan etkileyen faktörler nelerdir?**

Bilgi ve iletişim

Çevresel faktörler (dövizin artması, pandemik koşullar, ihracat potansiyeli vb.)

Örgüt/Şirket yatırım imkanları

Yönetim kabiliyeti (planlama ve analiz yeteneği)

6. **Yapı üretim sürecinde risk nasıl algılanıyor?**

Tehdit olarak

Fırsat olarak

Fikrim yok

7. **Üretim süreçlerinde alınan yüksek riskler yüksek getiri ve sektörel rekabette ön plana çıkmak demektir.**

Evet katılıyorum

Hayır katılmıyorum

Fikrim yok

8. **İnşaat sektöründe yapılan/yapılacak teknolojik yatırımlar risk yönetimini nasıl etkiliyor?**

Yeni bilinmezlikler getirdi/getirecek

Niceliksel veriler sayesinde güven ortamı sağlandı/sağlanacak

İnşaat sektöründe rekabetçilik anlayışını geliştirdi/geliştirecek

Yapı üretim sürecinde verimlilik sağlandı/sağlanacak (akıllı üretim, yalın üretim vb. yenilikçi anlayışlarının gelişmesiyle)

Alınan otonom kararlar sayesinde yapı üretim süreçlerinde başarılı süre, kalite ve para yönetimleri gerçekleşti/gerçekleşecek

Fikrim/Öngörüm yok

9. **İnşaat sektöründe yapılan/yapılacak teknolojik yatırımlar çoğunlukla hangi alana yapılmaktadır?**

İmalat araçları (robot, şantiye araçları, 3D yazıcılar)

Bilgi ve iletişim altyapı teknolojileri (sensörler, bulut bilişim teknolojileri, veri yönetim yazılımları vb.)

Görselleştirme ve sunum araçları (bilgisayar destekli 3B programları, dijital tasarım araçları)

10. **İnşaat sektöründe teknolojik yatırımların artması adına risk odaklı yönetim anlayışının benimsenmesi gereklidir.**

Evet katılıyorum

Hayır katılmıyorum

Fikrim yok

11. **Türkiye inşaat sektörünün dijital dönüşümü geç takip etmesinin temel sebebi hangisidir?**

Özel örgütlerin inovasyon isteksizliği/Risk alma iştahının düşük olması

Resmi örgütlerin gerekli mevzuat, kanun vb. adımları atmamış olması

Kısa vadeli çözümlerin tercih edilmesi/Dijital dönüşüm yerine dijitallik anlayışı

Sektörün yeniliğe karşı isteksizliği (kalifiye insan eksikliği, yeni bilinmezliklerin ortaya çıkışı, yetersiz bilgilendirme vb.)

Akademik alanda yapılan çalışmaların hayata geçirilememesi/Yatırım eksikliği

12. **İnşaat sektörünün dijital dönüşümü için kullanılan teknolojiler öncelikli olarak neyi sağlamaktadır?**

Rekabet

Değer

Müşteri deneyimi

Üretimdeki hız

Veri

Proje başarısını etkileyen kararların doğru alınması

Hepsi

13. **İnşaat sektörünün dijital dönüşümündeki temel engel nedir?**

Yatırım maliyetleri

Yeni teknolojilerin beraberinde getirdiği bilinmezlikler

Yetersiz bilgilendirme ve yetişmiş uzman eksikliği

14. **Blockchain teknolojisini biliyor musunuz?**

Evet biliyorum

Hayır bilmiyorum

15. **Blockchain teknolojisinin entegresi sırasında ortaya çıkan engellerin kaldırılması hangi kuruluşun öncülüğünde sağlanmalıdır?**

Devlet/Yerel Yönetimler

Özel Sektörler

Üniversiteler

16. **Niceliksel kararlara olanak sağlayan Blockchain teknolojisine en çok hangi yapı üretim sürecinde ihtiyaç duyulmaktadır?**

Paydaş Seçimi

Tedarik Zinciri

Sözleşmeler

İş sağlığı ve güvenlik

Fizibilite çalışmaları

17. **Blockchain teknolojisi ile alınan konsensüslu kararlar inşaat sektöründe risk paylaşımını dengeleyebilir**

Evet katılıyorum

Hayır katılmıyorum

Fikrim yok

18. **İnşaat sektöründe Blockchain teknolojisine en çok hangi risk yönetim zorluğunda ihtiyaç vardır?**

Süre kayıpları

Stratejik planlamalarda niceliksel verilerin eksikliği

Alınan kararların niteliksel olması/Güven eksikliği

19. **Blockchain teknolojisi risk yönetimi için ne tür fırsatlar sağlar?**

Dağıtık yönetim anlayışı sayesinde üretim sürecinde ortaya çıkan riskler eşit olarak paylaştırılır.

Verileri saklama özeliğiyle niceliksel planlamalar yapılmaktadır.

Hızlı, düşük maliyetli bilgi ve iletişim sağlamaktadır.

20. **Akıllı sözleşmeler karar aşamalarında belirsizliği azaltarak risk odaklı yönetim anlayışını geliştirmektedir.**

Evet katılıyorum

Hayır katılmıyorum

Fikrim yok

21. **Akıllı sözleşmelerin en çok hangi özelliği inşaat sektörü için gereklidir?**

İspat edilebilir, şeffaf süreçler sayesinde güven ortamı oluşturması

Rutin prosedürlerin otomasyonu sayesinde emek yoğun iş yükünün azaltılması/dengelenmesi

Süreçlerin dijital ortamda kayıtlı kalması ve sonraki kararlar için stratejik planlamalar oluşturması

22. **Blockchain teknolojisi herkesin kullanacağı teknoloji haline gelecektir.**

Evet katılıyorum

Hayır katılmıyorum

Fikrim yok

23. **Gelecekte blockchain kullanımı en çok hangi kullanım alanıyla ön plana çıkacaktır?**

Büyük veri analizi

Akıllı sözleşmeler

Yapay zeka