**T.C.**

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# İNŞAAT SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN ENTEGRASYONU

**Berkay HOCAOĞLU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Konut Üretimi ve Yapım Yönetimi Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Füsun ÇİZMECİ YÖREŞ

Nisan, 2024

**T.C.**

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# İNŞAAT SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM: BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİNİN ENTEGRASYONU

Berkay HOCAOĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 24.04.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Konut Üretimi ve Yapım Yönetimi Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr.Öğr.Üyesi Füsun ÇİZMECİ YÖREŞ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

**Jüri Üyeleri**

Dr. Öğr. Üyesi Füsun ÇİZMECİ YÖREŞ, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Tuğçe ERCAN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Tan Kamil GÜRER, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Dr.Öğr.Üyesi Füsun ÇİZMECİ YÖREŞ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "İnşaat Sektöründe Dijital Dönüşüm: Blok Zinciri Teknolojisinin Entegrasyonu" başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Berkay HOCAOĞLU



*Aileme,*

# TEŞEKKÜR

Tez çalışmamı tamamlamış olmamın mutluğu ve gururunu yaşarken, bana her adımda destek olan herkese çok teşekkürlerimi sunmak isterim. Öncelikle öğrenim gördüğüm üniversite Yıldız Teknik Üniversitesi'nde yüksek lisans tez danışmanım olan Dr.Öğr.Üyesi Füsun ÇİZMECİ YÖREŞ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Süreç boyunca rehberliği ve değerli yönlendirmeleri bu çalışmanın yapılabilmesinde çok önemli bir yere sahiptir. Tez sürecim boyunca moral ve motivasyonumu yüksek tutan aileme ve arkadaşlarıma da minnettarım. Kendilerinin destekleri olmadan bu çalışmayı tamamlamak çok daha zor olurdu. Yüksek lisans eğitimim boyunca bana destek olan Tübitak 2210-A programına ayrıca çok teşekkür ederim. Bu zorlu süreci değerli kılan herkese çok teşekkür ederim.

Berkay HOCAOĞLU

# İÇİNDEKİLER

**TEŞEKKÜR** iv
**KISALTMA LİSTESİ** vii
**ŞEKİL LİSTESİ** viii
**TABLO LİSTESİ** x
**ÖZET** xi
**ABSTRACT** xiii
**1 GİRİŞ** 1
1.1 Literatür Analizi ..... 1
1.1.1 Dijital Dönüşüm 3
1.2 Çalışmanın Amacı ..... 9
1.3 Araştırma Yöntemi ..... 10
**2 İNŞAAT SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM** 12
2.1 Dijital Dönüşüm ..... 12
2.2 İnşaat Sektöründe Dijital Dönüşüm ..... 13
2.2.1 Yapı Bilgi Modellemesi (YPM/BIM) 14
2.2.3 Akıllı Sözleşmeler 18
2.2.3 Blok Zinciri Teknolojisi 20
**3 BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ** 22
3.1 Blok Zinciri Teknolojisi Tanımı ..... 22
3.2 İnşaat Sektöründe Blok Zinciri Teknolojisi ..... 24
3.2.1 Blok Zinciri Teknolojisi ve Yapı Bilgi Modelleme İlişkisi 25
3.2.2 Blok Zinciri Teknolojisi ve Nesnelerin İnterneti İlişkisi 27
3.2.3 Blok zinciri Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler 29
**4 METODOLOJİ** 31
4.1 Araştırma Yöntemi ..... 31
4.2 Önem Performans Analizi ..... 32
4.3 Blok Zinciri Teknolojisinin İnşaat Sektöründeki Dijital Dönüşüm Uygulamalarına Entegrasyonunun Önem Performans Analizi ..... 35
4.3.1 Anket Sorularının Oluşturulması 35
4.3.2 Anket Sorularının Değerlendirilmesi 41

**5 ARAŞTIRMA BULGULARI** **42**

5.1 Blok Zinciri ile Yapı Bilgi Modellemesi Entegrasyonunun Önem-Performans Değerlendirmesi ..... 45

5.2 Blok Zinciri ile Nesneleri İnterneti Entegrasyonunun Önem-Performans Değerlendirmesi ..... 46

5.3 Blok Zinciri ile Akıllı Sözleşmeler Entegrasyonunun Önem-Performans Değerlendirmesi ..... 47

5.4 Blok Zinciri ile Dijital Dönüşüm Uygulamaları Entegrasyonu Önem-Performans Değerlendirmesi ..... 49

5.5 Blok Zinciri ile Dijital Dönüşüm Uygulamaları Entegrasyonunun Önem ve Performansının Uzman Tecrübelerine Göre Değerlendirmesi ..... 50

5.6 Blok Zinciri ile Dijital Dönüşüm Uygulamaları Entegrasyonunun Önem ve Performansının Uzman Mesleğine Göre Değerlendirmesi ..... 52

5.7 Blok Zinciri ile Dijital Dönüşüm Uygulamaları Entegrasyonunun Önem ve Performansının Uzmanların Temel İş Faaliyetine Göre Değerlendirmesi. 54

5.8 Blok Zinciri ile Dijital Dönüşüm Uygulamaları Entegrasyonunun Önem ve Performansının Blok Zinciri Hakkındaki Bilgi Seviyesine Göre Değerlendirmesi ..... 56

**6 SONUÇ** **58**

**KAYNAKÇA** **63**

**A ANKET ÇALIŞMASI: İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BLOK ZİNCİRİ(BLOCKCHAİN) UYGULAMALARI** **67**

**ÖZGEÇMİŞ** **76**

**TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR** **77**

# KISALTMA LİSTESİ

| | |
|---|---|
| BIM | Building Information Modeling |
| DLT | Distrubuted Ledger Technology |
| IoT | Internet of Things |
| IPA | Importance-Performance Analysis |
| YBM | Yapı Bilgi Modellemesi |

# ŞEKİL LİSTESİ


**Şekil 1.1** Amerika'da inşaat sektörün 2008-2011 yılı arası performansı (Biörck, Blanco, Mischke, Ribeirinho, Sjödin ve Stube, 2020'den uyarlanmıştır.) ..... 2

**Şekil 1.2** Toplum 5.0 (Keidanrensdgs, 2022'den uyarlanmıştır.) ..... 3

**Şekil 1.3** "Blockchain" anahtar kelime bağlantı analizi ..... 5

**Şekil 1.4** Blok zinciri teknolojisi hakkında yapılan araştırmaların ülkelere göre analizi ..... 6

**Şekil 1.5** Taranan araştırmaların anahtar kelime bağlantı analizi ..... 7

**Şekil 1.6** İnşaat sektörü ve blok zinciri teknolojisi hakkında yapılan araştırmaların ülkelere göre analizi ..... 8

**Şekil 2.1** YBM/BIM süreci (Aliev, Hanitsch ve Sinenko, 2020'dan uyarlanmıştır.) ..... 14

**Şekil 2.2** BIM paydaş ağı (Constructible, 2020'den uyarlanmıştır.) ..... 15

**Şekil 2.3** Akıllı sözleşme çalışma prensibi (Salar, Rifat, 2020'den uyarlanmıştır.) ..... 19

**Şekil 3.1** BIM ve blok zinciri entegrasyonu için 4 adım (Dounas, Jabi ve Lombardi, 2021'den uyarlanmıştır.) ..... 26

**Şekil 3.2** Blok zinciri ile entegre edilmiş IoT tedarik zinciri (Geipel ve Kinnaird, 2017'den uyarlanmıştır.) ..... 28

**Şekil 4.1** Önem-performans diyagramı (martilla ve james 1977'den uyarlanmıştır.) ..... 34

**Şekil 5.1** Uzman grubu mesleki dağılımı ..... 42

**Şekil 5.2** Uzman grubu inşaat sektörü rol dağılımı ..... 43

**Şekil 5.3** Uzman grubu inşaat sektöründeki deneyimi ..... 43

**Şekil 5.4** Çalışılan kurumun temel iş faaliyeti ..... 44

**Şekil 5.5** Katılımcıları blok zinciri teknolojisi bilgi seviyesi ..... 44

**Şekil 5.6** Blok zinciri yapı bilgi modellemesi entegrasyonunun önem performans değerlendirmesi ..... 46

**Şekil 5.7** Blok zinciri- nesnelerin interneti (ıot) entegrasyonunun önem-performans değerlendirmesi ..... 47

**Şekil 5.8** Blok zinciri- akıllı sözleşmeler entegrasyonunun önem-performans değerlendirmesi ..... 48

**Şekil 5.9** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm alanları entegrasyonunun önem-performans değerlendirmesi ..... 49

**Şekil 5.10** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun deneyim yılı-önem değerlendirmesi ..... 50

**Şekil 5.11** Blok zinciri ve inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonun deneyim yılı-performans değerlendirmesi.....51

**Şekil 5.12** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun uzman mesleğine göre önem değerlendirmesi.....52

**Şekil 5.13** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun uzamn mesleğine performans değerlendirmesi .....53

**Şekil 5.14** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun temel iş faaliyetine göre önem değerlendirmesi.....54

**Şekil 5.15** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun temel iş faaliyetine göre performans değerlendirmesi .....55

**Şekil 5.16** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun blok zinciri teknolojisi hakkındaki bilgi seviyesine göre önem değerlendirmesi.....56

**Şekil 5.17** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun blok zinciri teknolojisi hakkındaki bilgi seviyesine göre performans değerlendirmesi .....57

# TABLO LİSTESİ

**Tablo 1.1** Araştırmanın tasarımı.....10
**Tablo 4.1** Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründe uygulama alanları.....36

# ÖZET

## İnşaat Sektöründe Dijital Dönüşüm: Blok Zinciri Teknolojisinin Entegrasyonu

Berkay HOCAOĞLU

Mimarlık Anabilim Dalı

Konut Üretimi ve Yapım Yönetimi Programı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Füsun ÇİZMECİ YÖREŞ

Dijital dönüşümün tüm sektörlerde uygulamaları ve önemi açıkça görülmektedir. İnşaat sektöründe dijital dönüşüm uygulamaları önemli bir yer tutmaktadır. İnşaat sektöründe dijital dönüşümde kullanılan önemli bir yöntem olan yapı bilgi modellemesi (YBM/BIM), nesnelerin interneti (IoT) ve akıllı sözleşme uygulamaları gelişmeye oldukça açık teknolojilerdir. İnşaat sektöründe kullanılan bu uygulamalar, son zamanlarda kendinden sıkça bahsettiren, dijital dönüşümün bir parçası olan blok zinciri teknolojisi ile entegre edilerek; inşaat sektöründe kalite, maliyet ve süre kapsamında gelişim sağlayabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, son dönemlerde yaygınlaşan blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründe kullanılan dijital teknolojilerden yapı bilgi modellemesi, nesnelerin interneti ve akıllı sözleşme uygulamalarına entegrasyonunun önemini ve performansını araştırmaktır. Araştırma kapsamında öncelikle dijital dönüşüm ve inşaat sektörü bağlamında oluşturulmuş yayınlar taranmıştır. Yapılan literatür taraması sonucu blok zinciri teknolojisi ve bu dijital dönüşüm uygulamalarının entegre bir şekilde kullanılması ile sağlanabilecek katkılar ortaya konulmuştur.

Araştırmanın bir sonraki aşamasında blok zinciri teknolojisinin ülkemizde inşaat sektörüne entegrasyonunun önemi ve performansının anlaşılabilmesi adına inşaat sektörü uzmanlarına anket yapılmıştır. Anket kapsamında, inşaat sektöründe çalışan mimar, inşaat mühendisi, makine mühendisi, elektrik ve elektronik mühendislerinden oluşan 68 kişilik bir uzman grubunun görüşleri alınmıştır. Blok zinciri teknolojisinin, yapı bilgi modellemesi, nesnelerin interneti, akıllı sözleşme uygulamaları ile birlikte kullanımı değerlendirilirken; önem-performans analizi (IPA- Importance-Performance Analysis) yöntemi kullanılarak konuyla ilgili nicel bir sonuca ulaşılması amaçlanmıştır. Sektör uzmanları tarafından yapılan ankette blok zinciri teknolojisinin, inşaat sektöründe kullanılmakta olan dijital dönüşüm uygulamaları ile entegre edilerek kullanımı değerlendirilmiştir. Yapı bilgi modellemesi uygulamalarında ağırlıklı olmak üzere, blok zinciri teknolojisinin proje yönetim döngüsüne katkı sağlayacağı ortaya konulurken, nesnelerin interneti ve akıllı sözleşme uygulamalarında, tedarik zinciri yönetimi ve anlaşmazlık çözümü alanlarında da önemli katkılar sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma, blok zinciri teknolojisi ve inşaat sektöründeki dijital dönüşüm uygulamalarının stratejik performansını ele almakla birlikte, bu uygulamalarla entegrasyonunu araştırarak literatüre katkı sağlamaktadır. Araştırma sonuçları değerlendirilirken kullanılan önem-performans analizi (IPA-Importance-Performance Analysis), yapılan literatür derlemesini destekler nitelikte nicel sonuçlar oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Dijital dönüşüm, blok zinciri, yapı bilgi modellemesi, nesnelerin interneti, akıllı sözleşmeler

# ABSTRACT

## Digital Transformation In Construction Sector: Integration Of Blockchain Technology

Berkay HOCAOĞLU

Department of Architecture

Master of Science Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Füsun ÇİZMECİ YÖREŞ

The applications of digital transformation and it's importance can be clearly seen in all industries as well as construction industry. building information modeling (BIM), internet of things (IoT) and smart contract applications are important applicaitons used in the construction industry, These technologies used in the construction industry are integrated with blockchain technology, which is a part of digital can provide improvement in the construction industry in terms of quality, cost and time.

The aim of this study is searching for the importance and performance of integrating blockchain technology to BIM, IoT and smart contract applications. Within the scope of this study, researches published in digital transformation and construction industry has been scanned. As a result of the literature review, blockchain technology and the contributions provided by using these applications have been explained.

In the next stage of the research, a survey was conducted with construction industry experts to understand the importance and performance of blockchain technology in the construction industry in Turkey. Opinions of 68 experts consisting of architects, civil engineers, mechanical engineers, electrical and electronic engineers working in the construction industry have been gathered. While evaluating the integration of

blockchain technology with BIM, IoT and smart contract applications, it was aimed to reach a quantitative result by using importance-performance analysis (IPA) method. The survey reveals that blockchain technology will contribute to the project management cycle when integrated with digital transformation applications used in the construction industry. Especially in BIM applications, it has been concluded that it will also make significant contributions to the IoT and smart contract applications in supply chain management and dispute resolution.

This study addresses the strategic performance of blockchain technology and digital transformation applications in the construction industry. It contributes to the literature by investigating its integration with these technologies.

**Keywords:** Digital transformation, blockchain, building information model, internet of things, smart contracts

# 1
# GİRİŞ

## 1.1 Literatür Analizi

Dijital dönüşüm uygulamalarının benimsenmesi operasyonel verimliliğe ulaşmak, yeniliği teşvik etmek, rekabetçi kalmak ve modern dünyanın çeşitli endüstri ve sektörlerdeki zorluklarını ve fırsatlarını ele almak için kaçınılmaz bir gerekliliktir. Günümüzde, inşaat sektörü de dijital teknolojilerle yoğrulmuş bir dönüşüm sürecine girmiştir. Bu süreç, sadece geleneksel inşaat uygulamalarını modernize etmekle kalmayıp aynı zamanda sektöre yeni perspektifler, verimlilik artışı ve sürdürülebilirlik getirmektedir. Özellikle küresel çapta yaşanan krizler, inşaat endüstrisinde dijitalleşmenin bir ihtiyaç haline gelmesine ortam hazırlamıştır.

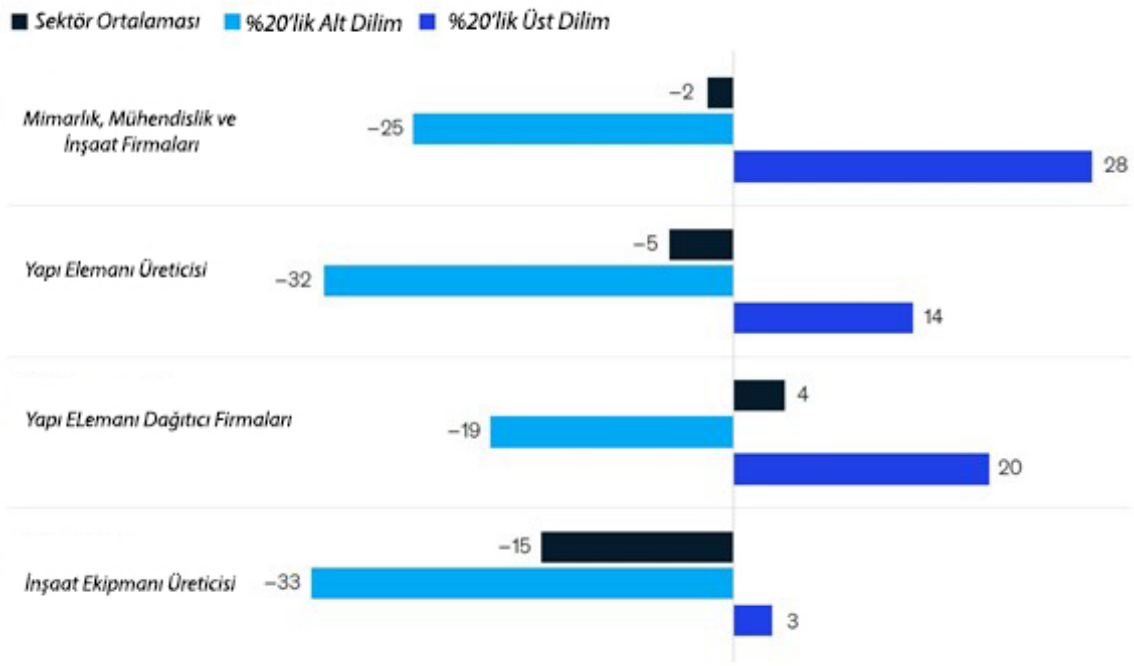
Günümüzde, teknolojinin gelişmesiyle birlikte sektörlerin dijital dönüşümü ön plana çıkmıştır. Hali hazırda zaten var olan bu dijital dönüşüm, pandemi ile birlikte hayatımızda önemli bir yer edinmiştir. Pandemi sırasında dijital ve teknolojik aletlerin kullanılmasının artması ile birlikte, dijital teknoloji ile insan yaratıcılığının uyumlaştırılması 2019 küresel salgınının patlak vermesi nedeniyle çoktan başlamıştır (Sondh, 2021). Pandemi ile yaşanan değişimler, inşaat sektöründe kalite, süre ve zaman konularında sıkıntı yaşanmasına neden olmuştur. Yeni yönetim şekilleri uygulanarak ve dijital dönüşüme ayak uydurularak bu kriz ve risk durumlarından kurtulmaya çalışılmaktadır. İnşaat sektöründe dijital teknolojilerin uygulanması, inşaat işletmelerinin mevcut yöntemlerini tamamen alt üst ederken, kalite ve verimliliğin artmasına yardımcı olmuştur (Perez, Philbin, Zhang ve Zhang, 2023).

Yakın zamanlarda yaşanan krizler, Covid-19 pandemisi gibi riskli süreçler, inşaat sektöründeki dijital dönüşümün benimsenme sürecini hızlandırmıştır. Bu krizlerden çıkabilmek için sektör kendi içinde gelişmek, yeni çağa ayak uydurmak zorunda kalmıştır. 2008 yılında yaşanan finansal krizin ardından sektör, gelecek dönemlerde hayatlarını sürdürebilmek için organizasyonel anlamda hızlı ve cesur adımlar atmak zorunda kalmıştır. Bu konular:

- Verimlilik (Maliyet düşürme dahildir.)
- Kaynakların yeniden tahsis edilmesi

- Teknoloji odaklı yatırımlar
- Çeşitlendirilen portföy ve hizmetler

‘dir. (Biörck , Blanco, Mischke, Ribeirinho, Sjödin, Stube G, 2020)




**Şekil 1.1** Amerika’da inşaat sektörün 2008-2011 yılı arası performansı (Biörck, Blanco, Mischke, Ribeirinho, Sjödin ve Stube, 2020’den uyarlanmıştır.)

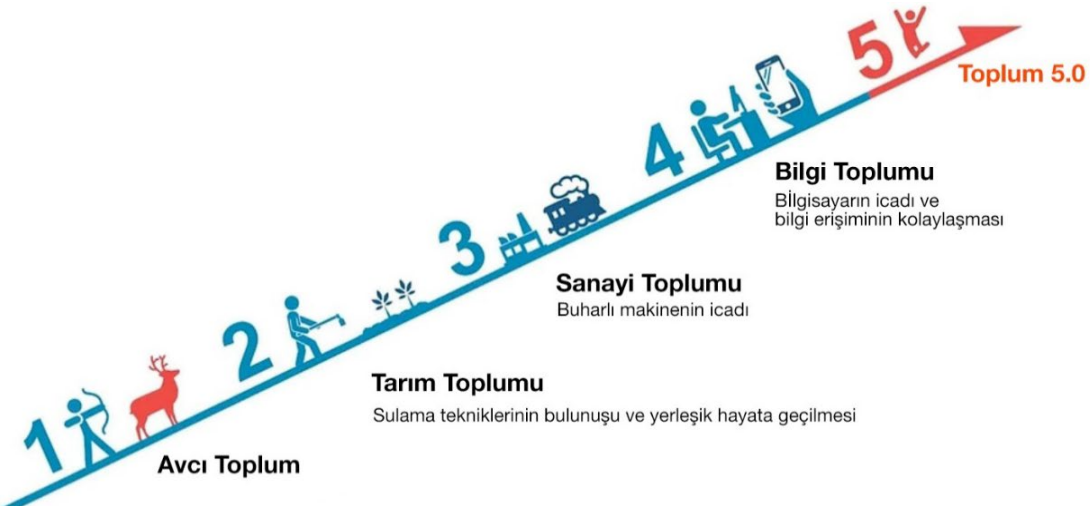
Yukarıdaki grafikte Amerika’da inşaat sektöründe faaliyet gösteren birçok paydaşın, bunlar mimarlık, mühendislik ve inşaat firmaları, malzeme üreticileri, tedarikçiler ve ekipman üreticisi olmak üzere; 2008 yılından 2011 yılına kadar olan büyüme performansları görülmektedir (Şekil 1.1). Mckinsey’nin (2020) raporuna göre dijital dönüşüm yatırımları yapan firmalar kriz sonrasında büyüme gösterirken, dijitalleşme alanında herhangi bir değişikliğe gitmeyen kurumlar küçülmektedir. Grafikte en iyi ve en kötü yüzde 20’lik dilimler ve genel ortalama görülmektedir. Şirketlerde organizasyonel anlamda yapılan değişiklikler (verimlilik, kaynakların yeniden tahsis edilmesi, teknoloji odaklı yatırımlar ve çeşitlendirilen portföy) şirket gelişimine sağladığı katkı adına önemini ortaya koymuştur.

2008 yılındaki finansal krizin atlatılmasını ve krizden daha güçlü çıkılmasını sağlayan bu yatırımlar ve organizasyonel değişiklikler, günümüzde COVID-19 pandemisinin tetiklediği riskleri ve oluşturduğu krizden çıkmanın anahtarı olma niteliğindedir. COVID-19 pandemisi ile birlikte tüm sektörlerde operasyonel alanda radikal değişikliklere

gidilmiştir. Süreç boyunca inşaat sektöründe birçok şantiye durdurulmuş olup, devam eden şantiyelerde ise birçok problem yaşanmıştır. Pandemi ile birlikte kırılan tedarik zincirleri nedeniyle uygulamaların sekteye uğraması, organizasyonel kısıtlamalar (çalışma alanındaki maksimum işçi sayısı kısıtlaması, bulaşlar, karantina süreleri…) inşaat sektöründe yeni riskler ve krizler oluşturmuştur. Pandemi kısıtlamaları ile hayatımıza giren uzaktan çalışma prensipleri, sektörlerin dijital dönüşümünü beraberinde getirmiş ve hızlandırmıştır. Pandemi, birçok inşaat sektörü paydaşını, işçilerinin güvenliğini sağlamak ve üretkenliği artırmak için dijitalleşmeye ve teknolojiyi kullanmaya zorlarken; bu dinamikler halen daha da hızlanmaya devam etmektedir (Biörck, Blanco, Mischke, Ribeirinho, Sjödin ve Stube, 2020).

### 1.1.1 Dijital Dönüşüm

Dijital dönüşümün hayatımızdaki yeri toplum kavramının gelişimiyle yakından ilgilidir (Şekil 1.2). Toplum 5.0 kavramı, endüstri 4.0'ın getirdiği kavramlar, nesneler ve teknolojilerle birlikte üretkenliğe dayalı akıllı bir toplum sistemi olarak değerlendirilebilir. (Keidanrensdgs, 2022). Teknoloji ve insan ilişkisine bakıldığında, temelde insanlık bugün mevcut veri tabanlarına internet kanalları ile ulaşarak analiz yapabilmekte, teknolojiyi kendi amacına uygun kullanabilmektedir. Böylece insan hayatında, dolayısıyla sektörlerde dijital dönüşüm yaşanmaya başlanmıştır.

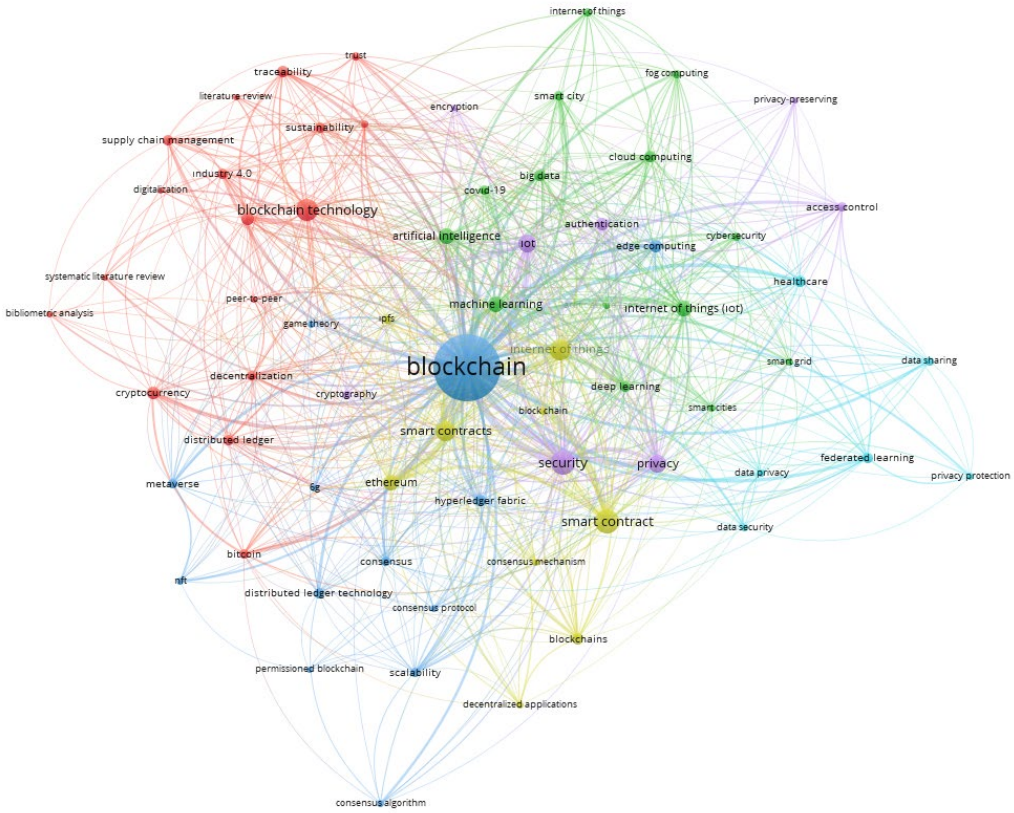



**Şekil 1.2** Toplum 5.0 (Keidanrensdgs, 2022'den uyarlanmıştır.)

Pandemi ile birlikte hali hazırda tüm sektörlerde var olan dijital dönüşüm hızlanmıştır. İnşaat sektörü de pandemi şartlarından dolayı bu dönüşüme hızlıca adapte olmak zorunda kalmıştır. Bu bağlamda, şu anda gerçek ekonomilerin dijital ekonomilerle aşamalı bir entegrasyonuna tanık olunmaktadır. Geleneksel endüstrilerin dijital teknolojiler ile birleşimi, çeşitli endüstrilerde sürekli ve önemli değişiklikler getirmektedir (Bartolo, Bartolo, Craveiro ve Duarte, 2019). Bu süreç dolayısıyla inşaat sektöründe işlerin yapılış şeklinde, projelerin yönetim sistemlerinde değişikliklere neden olmuştur. Dijital dönüşüm, inşaat sektörünün seviyesini ve kalitesini iyileştirmek, inşaat endüstrisinin dönüşümünü ve daha geniş bir şekilde iyileştirilmesini teşvik etmek için önemli bir uygulama olmaktadır (Wang ve Li, 2022).

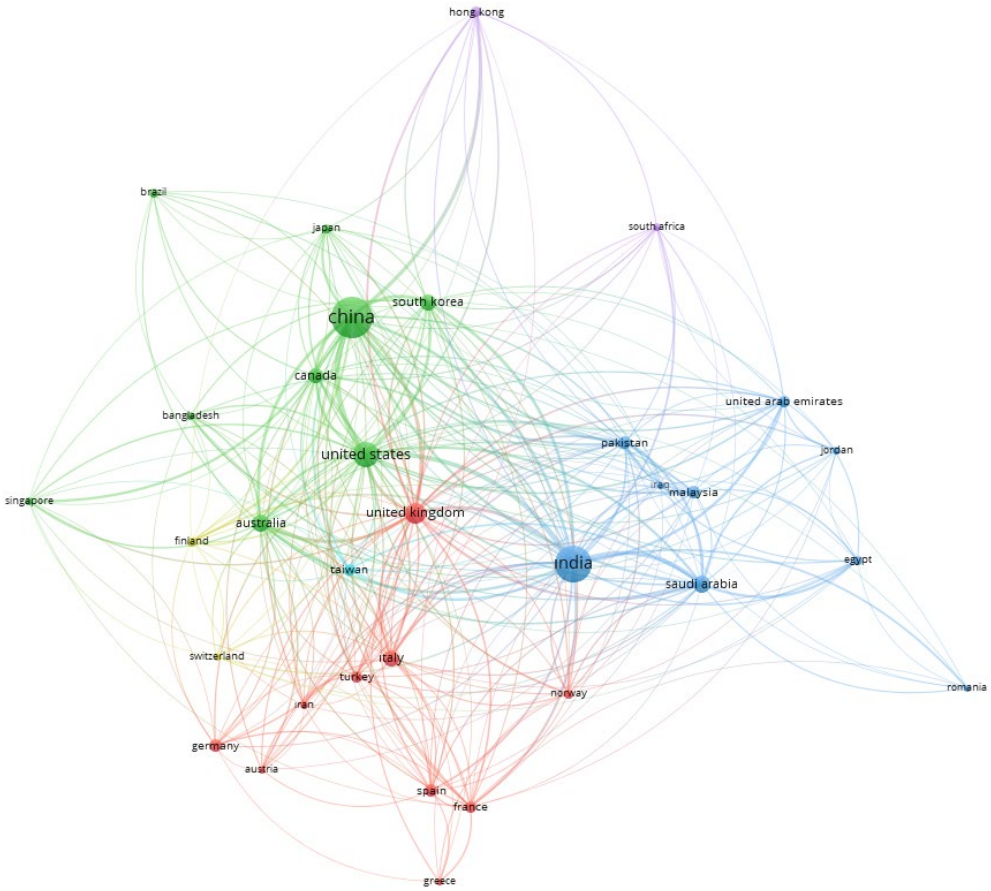
Yaşanan dijital dönüşümle geleneksel tasarım süreçleri, tedarik süreçleri; paydaşlar arası koordinasyon süreçlerinin değişmesini, hizmet kapsamlarının çeşitlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Ayrıca dijital teknolojiler, veri işleme ve işlem maliyetlerini azaltmada, kaynakları doğru bir şekilde tahsis etmede getirdiği yenilikler dolayısıyla proje organizasyonları için önemli sonuçlara sahiptir (Whyte ve Levitt, 2011). Bu süreçte de blok zinciri teknolojisinin paydaşlar arasındaki iletişim ve koordinasyonda sağladığı avantajlar, akıllı sözleşme sistemlerinin önemi anlaşılmış olup, dijital dönüşümün sağladığı kolaylıklarla bu kavramların yönetim ve organizasyonel stratejilerde kilit yatırımlar olma potansiyeli ortaya çıkmaktadır.

Dijital dönüşüm uygulamalarından biri olan blok zinciri teknolojisinin kullanımı, birçok sektörde son yıllarda artış göstermektedir. Bu araştırmada, kullanım alanları artan blok zinciri teknolojisi hakkında yapılan çalışmalarla ilgili bir literatür taraması yapılmıştır. Blok zinciri kavramı, Scopus veri tabanında taranan 2.029 adet makale incelenmiştir. Blok zinciri teknolojisi, taranan çalışmalarda 277 adet çalışmayla akıllı sözleşmeler alanında en yoğun kullanıma sahip olmaktadır, bunu 164 adet çalışmayla güvenlik ve 124 adet çalışmayla nesnelerin interneti alanlarında yapılan çalışmalar takip etmektedir (Şekil 1.3). Literatür taraması yapılırken 2017 ve 2023 yılı arasında yapılan araştırmalar incelenmiştir. En çok çalışmanın pandeminin yoğun yaşandığı 2021 yılı içerisinde olduğu görülmektedir. Bu yapılan çalışmaların sadece % 2,4'ünün akademi ve sektör iş birliğiyle yapıldığı görülmektedir.




**Şekil 1.3** "Blockchain" anahtar kelime bağlantı analizi

Diyagramda (Şekil 1.4) görüldüğü üzere taranan 2029 makalenin 576 adetinin Çin'de, 454 adet çalışmanın Hindistan'da, 214 adet çalışmanın ise Amerika'da yapıldığı görülmektedir. Türkiye'de ise 47 adet çalışma yapıldığı görülmektedir. Blok zinciri teknolojisi ülkemizde bilinirliği olmasına rağmen, yapılan çalışmalar ve uygulamalar kapsamında diğer ülkelere bakıldığında geri planda kalmaktadır.

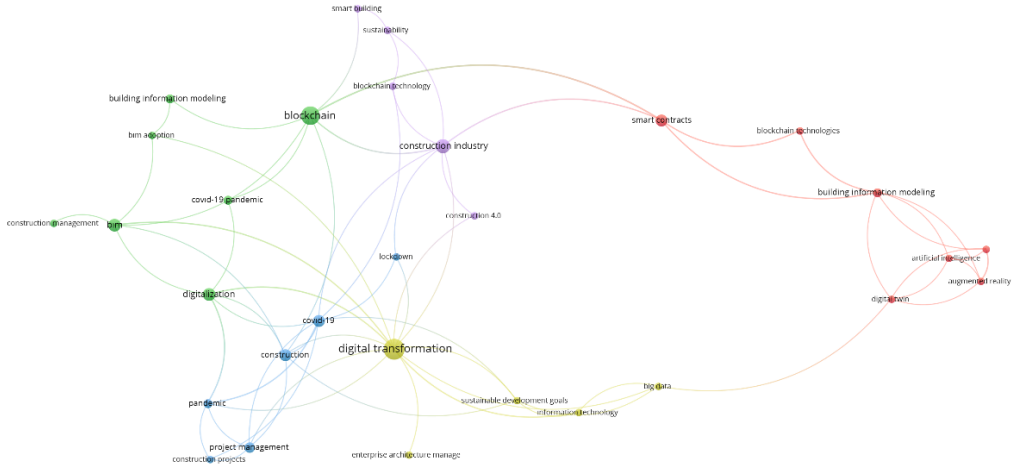



**Şekil 1.4** Blok zinciri teknolojisi hakkında yapılan araştırmaların ülkelere göre analizi

Blok zinciri teknolojisi uygulamaları kapsamında taranan çalışmalar sonucunda, blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründe kullanımına ve uygulanmasına yönelik akademik çalışmaların diğer sektörlere göre çok daha geride kaldığı görülmüştür. Dijital dönüşümün içinde olan inşaat sektöründe, blok zinciri teknolojisinin kullanımı artmaya başlasa da bu konudaki araştırmaların yaygınlaştığını söylemek mümkün değildir.

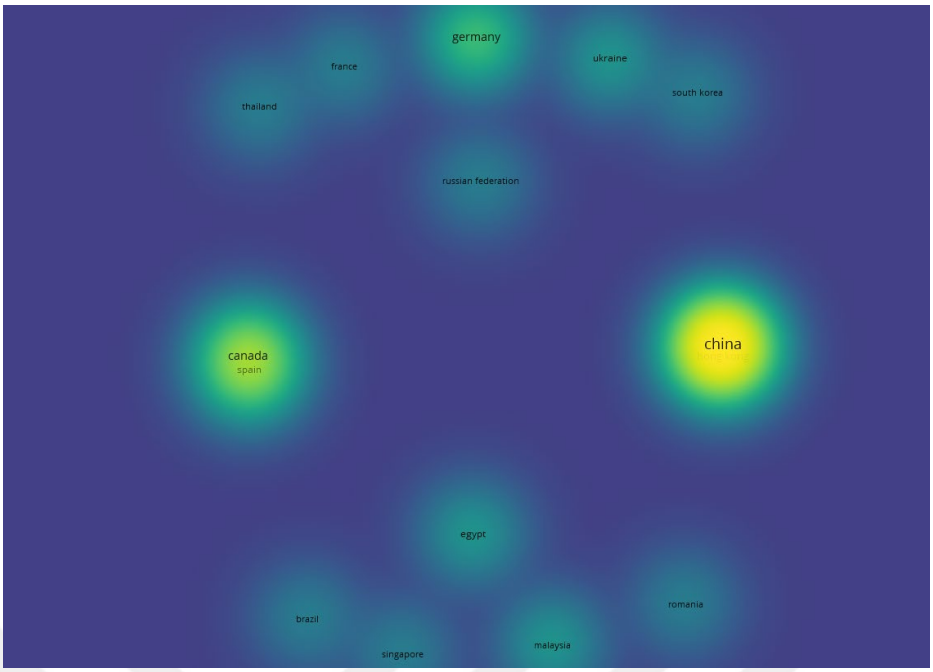
Blok zinciri teknolojisi, inşaat sektöründe dijital dönüşümün bir parçası olmuştur. Henüz uygulama alanları kısıtlı olsa da inşaat sektörünün birçok alanıyla yakından ilişki kurabilecek bir potansiyeli vardır. Literatür taramasının ikinci aşamasında inşaat sektörü ve dijital dönüşüm anahtar kelimeleri içeren makaleler taranmıştır. Diyagramda (Şekil 1.5) görüldüğü üzere inşaat sektöründe dijital dönüşüm temalı literatür taraması, yazar tarafından belirlenen anahtar kelimelerin analizleri ve birbiriyle olan bağlantılarını gösteren diyagram gösterilmiştir. Literatür taraması

yapılırken 2017 ve 2023 yılı arasında yazılan çalışmalar incelenmiştir. Bu bağlamda inşaat sektöründe, dijital dönüşüm içerisinde blok zinciri teknolojisinin birçok inşaat alt dalı ile bağlantılı olduğu görülmüştür. Analizler sonucunda Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründe, dijitalleşme kapsamında proje yönetimi, işletme yönetimi, yapı bilgi modellemesi, akıllı sözleşmeler, nesnelerin interneti ve endüstri 4.0 gibi birçok konu ile bağlantılı olduğu ortaya konulmuştur.




**Şekil 1.5** Taranan araştırmaların anahtar kelime bağlantı analizi

Blok zinciri ve inşaat sektöründe yapılan bu çalışmaların %7,7'sinin akademi-sektör iş birliği içerisinde olduğu görülmüştür. Kalan çalışmaların ise sektörle iş birliği içerisinde olmayıp, sadece akademi çerçevesinde yapıldığı görülmüştür. Yapılan çalışmaların en çok Çin, İngiltere, Kanada ve Almanya olduğu görülmüştür (Şekil 1.6). Türkiye'de ise az sayıda çalışma olduğu ve uygulamaların kısıtlı olduğu görülmüştür.




**Şekil 1.6** İnşaat sektörü ve blok zinciri teknolojisi hakkında yapılan araştırmaların ülkelere göre analizi

Blok zinciri sistemi herhangi bir sunucudan bağımsız olarak işlem yapılabilen, takibi kolaylıkla sağlanabilen ancak değiştirilebilmesi mümkün olmayan merkeziyetsiz bir sistemdir. Bu özellikleri sayesinde eşler arasında güvenli işlem yapılabilmesini herhangi bir kurum veya 3. şahısları aracı olarak araya sokmadan gerçekleşmesini sağlamaktadır. Bir başka söylemle blok zinciri teknolojisi şeffaflık istenilen işlemlerde önemli avantajları ile güçlü bir alternatif olabilmektedir. (Gürbüz, 2019). Blok zinciri teknolojisinin kullanım her geçen gün biraz daha artmaktadır. Günümüzde;

- Para transferi
- Dijital kimlik
- Akıllı reklamlar
- Dijital oy kullanma
- Tedarik zinciri oluşturma ve yönetme
- İhale açma ve yönetme
- Tasdik ve onay

gibi işlemler kolaylıkla yapılabildiğinden dolayı gayrimenkul ve inşaat sektöründe avantajlar sağlamaktadır. Bir gayrimenkul ile ilgili tüm bilgileri bir blok zincirine dönüştürülüp şeffaf bir şekilde depoluyor olmak kritik avantajlar sağlamaktadır. Blok zincirinin temeli olan özellik "kaydedildikten itibaren değişimin mümkün olmaması" bu tür uygulamalarda öne çıkan özellik olmaktadır (Gürbüz, 2019).

Dijital dönüşüm günümüz dünyasının önemli bir parçası haline gelmiştir. Özellikle pandemiyle birlikte gelen kısıtlamalar, tüm sektörlerde dijital dönüşümün önemini ön plana çıkarmıştır. Son zamanlarda adını sıkça duyuran blok zinciri teknolojisinin, özellikle finans ve lojistik sektöründe uygulamaları gittikçe sıklaşmaktadır. İnşaat sektörü çok paydaşlı ve yüksek işlem hacmi olan bir sektördür. Bu yüzden paydaşlar arası güven ve iletişim, sektörün işleyişi açısından çok önemlidir. Bu nedenle blok zinciri teknolojisi inşaat sektörü için ciddi potansiyellere sahiptir.

## 1.2 Çalışmanın Amacı

Planlama, tasarım, inşaat ve bakım dahil olmak üzere inşaat sektörünün karmaşık döngüsünde, blok zinciri teknolojisinden etkin bir şekilde yararlanılarak, güvenlik büyük ölçüde artırılırken işlem maliyetleri önemli ölçüde azaltılabilir. İnşaat sektöründeki geleneksel süreçlerdeki düşük verim, kalite standartlarındaki istenmeyen düşüşler ve maliyetlerdeki artışlar sektördeki paydaşlar arası şeffaflığı ve güvenirliği azaltmaktadır. Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektörü ile başarılı bir şekilde entegrasyonuyla işlemlerin verimliliği artmaktadır. Yeni iş modelleri yaratılarak sektördeki paydaşlar arası güveni artırmaktadır. (Kim, Kim ve Lee, 2020).

Blok zincir teknolojisinin, inşaat sektöründeki dijital dönüşüm uygulamalarına entegrasyonunun sektör için hangi derecede önemli ve faydalı olduğu çok sınırlı yayında araştırılmıştır. Dünyada ve özellikle ülkemizde henüz çok yeni olan blok zinciri hakkında sınırlı sayıda yayın bulunmaktadır. Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektörüne olan entegrasyonunun incelendiği çalışmaların akademik çalışmalarla sınırlı kaldığı görülmüştür. Sektörü kapsayan araştırmaların da yer aldığı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, blok zinciri teknolojisinin inşaat sektörü ile entegre kullanımının önemini ve performansını araştırmaktır. Bu çalışmanın hedefi;

- İnşaat sektöründe dijital dönüşüm uygulamalarının araştırılması,
- Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründeki potansiyel uygulama alanlarının belirlenmesi,
- Sektör uzmanlarına uygulanacak bir anket ile Blok zinciri teknolojisinin Türkiye özelinde inşaat sektöründe öneminin ve performansının araştırılması,

## 1.3 Araştırma Yöntemi

Tez çalışması kapsamında öncelikle dijital dönüşüm ve inşaat sektörü bağlamında oluşturulmuş yayınlar taranmıştır. Dijital dönüşüm ve inşaat sektörü ilişkisi bu bağlamda incelendikten sonra, inşaat sektörüyle arasındaki ilişki araştırılmıştır.

**Tablo 1.1** Araştırmanın tasarımı

| | Amaçlar | Yöntem |
|---|---|---|
| 1.Aşama | İnşaat sektöründe kullanılan dijital dönüşüm uygulamalarının tanımı ve kullanım alanları hakkında literatür verilerinin toplanması | Meta Analizi |
| 2.Aşama | Dijital dönüşüm uygulamaları ve blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründe uygulama alanlarının belirlenmesi | Literatür Taraması |
| 3.Aşama | Dijital dönüşüm uygulamaları ve blok zinciri teknolojisinin entegrasyonunun Türkiye inşaat sektöründeki önemi ve performansının değerlendirilmesi | Sektör uzmanlarına Anket Uygulanması ve Önem-Performans Analizi Yapılması |

Araştırma süreci üç aşamadan oluşmaktadır. Tablo 1.1'de görüldüğü üzere literatür taramaları derlenerek blok zinciri teknolojisinin tarihi, çalışma prensibi ve uygulama alanları açıklanmıştır. Bir sonraki adımda ise blok zinciri teknolojisinin, inşaat sektöründeki potansiyel uygulama alanları ve avantajları açıklanmıştır.

Son olarak blok zinciri teknolojisinin ülkemizde inşaat sektöründeki önemi ve performansının anlaşılabilmesi adına elde edilen literatür verileri anket sorularına dönüştürülmüştür, ardından oluşturulan anket sektör uzmanlarına uygulanmıştır. Anket kapsamında bu teknolojinin, inşaat sektöründe dijital dönüşüm uygulamalarının blok zinciri teknolojisi ile entegrasyon alanlarının önem ve performansı araştırılmıştır.

Oluşturulan anket sonucunda, blok zinciri teknolojisinin Türkiye'de inşaat sektöründeki önemi ve performansı hakkında nicel sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar, blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründeki önemi ve sağlayabileceği avantajlar konusunda yapılacak olan çalışmalara katkı sağlayacaktır.

# 2
# İNŞAAT SEKTÖRÜNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM

## 2.1 Dijital Dönüşüm

Dijital dönüşüm, son yıllarda birçok sektörün hızlı ve sürekli değişen teknolojik gelişmeler uyum sağlama ihtiyacıyla birlikte giderek daha popüler bir terim haline gelmiştir. Dijital dönüşüm terimi, dijital teknolojilerin, bir işletmenin tüm alanlarına entegrasyonunu ifade etmektedir. Dijital dönüşüm, yalnızca yeni teknolojileri uygulamakla ilgili değil, aynı zamanda daha fazla çeviklik, verimlilik ve müşteri memnuniyeti elde etmek için iş modellerinin, süreçlerinin ve organizasyon yapılarının yeniden oluşturulmasıdır (Koelaman, Ribeirinho, Rockhill, Sjödin ve Stube , 2019).

Dünya dijital olarak daha bağlantılı hale geldikçe, tüm sektörlerdeki kuruluşlar, rekabetçi kalabilmek ve gelişen müşteri ihtiyaçlarını karşılamak için dijital dönüşümün önemini kabul etmektedir. Süreç boyunca yaşanılan değişimler yeni bir sanayi devrimini ortaya koymaktadır. Dijital dönüşüm ile gündeme gelen Endüstri 4.0, üretim teknolojilerinin ve ürünlerin tasarımında, imalatında, işletilmesinde ve hizmetinde kullanılan dijital yöntemlerin bütünüdür. Dünyanın dördüncü sanayi devrimi olan bu değişim, sektörlerin işleyişlerini değiştirme niteliğindedir (Aydın, 2018). Dördüncü sanayi devrimiyle birlikte, tedarik zincirinin içindeki tüm paydaşlar için ürün ve hizmetler daha erişilebilir ve aktarılabilir hale gelmektedir. Bununla birlikte, dijital dönüşüm süreci karmaşık ve zorlu olabilmekte; bir kuruluşun kültüründe, süreçlerinde ve teknoloji altyapısında önemli değişiklikler gerektirebilmektedir.

Dijital dönüşüm, tasarım ve projelendirmeden, uygulama ve bakım onarım süreçlerine kadar tüm proje yaşam döngüsüne etki etmektedir. Bu nedenle inşaat sektörüne verimlilik, sürdürülebilirlik ve yenilikler sağlayarak devrim yaratmaktadır. Dijital dönüşümü benimsemek, inşaat şirketlerinin hızla gelişen pazarda rekabetçi kalabilmeleri için çok önemli olacaktır.

## 2.2 İnşaat Sektöründe Dijital Dönüşüm

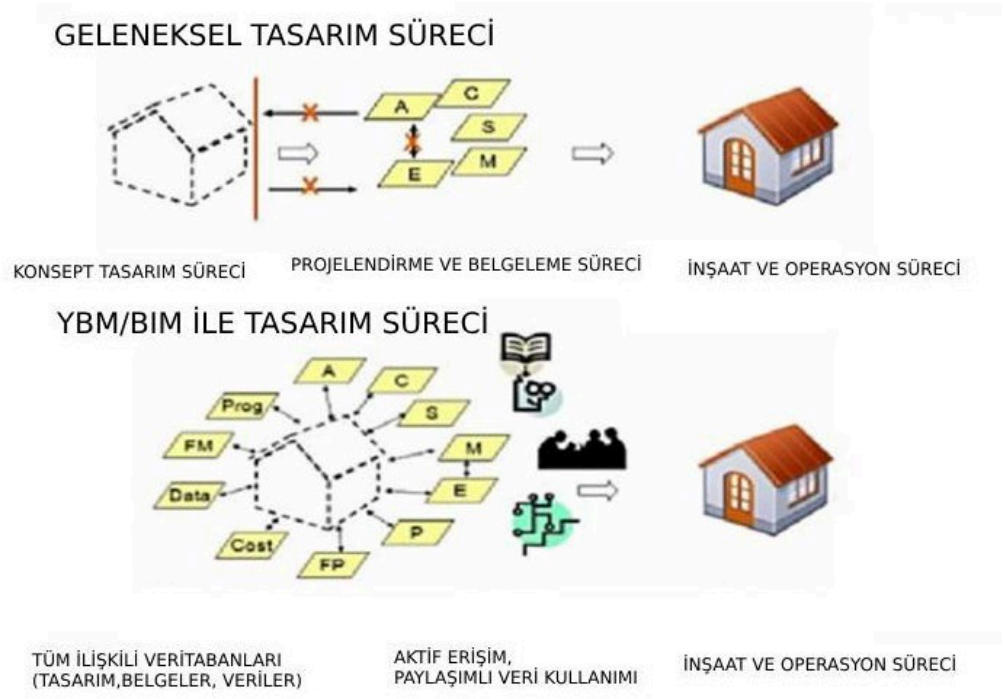
İnşaat sektörü, el emeğine ve geleneksel inşaat yöntemlerine bağlı olması nedeniyle dijital teknolojileri benimsemekte yavaş kalmıştır. Ancak artan rekabet, artan maliyetler ve sürdürülebilir inşaat uygulamalarına yönelik artan taleple birlikte birçok şirket, dijital dönüşümü benimseme ihtiyacının farkına varmaktadır.

Dijital dönüşüm, verimliliği artırmak, maliyetleri düşürmek ve sürdürülebilirliği artırmak için benimsenen yeni teknolojiler ve süreçlerle inşaat sektörünün gelişimine katkı sağlamaktadır. Özellikle sürdürülebilir inşaat uygulamalarına olan ihtiyacın artmasıyla birlikte sektör, dijital teknolojileri benimsemenin önemini gün geçtikçe daha da çok fark etmektedir. İnşaat sektöründe dijital dönüşümü geliştirmek için, sektörün verimliliğini ve etkinliğini artıran yenilikçi çözümlerden faydalanmak gerekmektedir. Bu yaklaşım, inşaat sektöründe rol oynayan, tüm paydaşların etkileşim kurma şeklindeki değişiklikleri içermesi ve dijital dönüşümün uygulanmalarının kullanılmasını gerekmektedir (Cole, 2023).

İnşaat şirketleri, yapı bilgi modellemesi, IoT, Blok zinciri ve Akıllı sözleşmeler gibi uygulamaları benimseyerek sektör süreçlerini kolaylaştırabilir, hataları azaltabilir ve daha sürdürülebilir yapılar üretebilir. Bu teknolojilerin benimsenmesi önemli yatırımlar gerektiriyor olsa da uzun vadede faydaları önemli bir yere sahiptir. Gelişmekte olan bu teknolojiler kendini kanıtlamış durumdadır ve inşaat sektörünün tüm yaşam döngüsü boyunca inşaat sektörüne çok sayıda fırsat sunmaktadır (Sanders, 2019).

### 2.2.1 Yapı Bilgi Modellemesi (YPM/BIM)

Yapı bilgi modellemesi[1] (BIM), mimari tasarım, inşaat ve işletme süreçlerinde kullanılan bir uygulamadır. Yapı bilgi modellemesi (BIM), tüm proje paydaşları arasında iş birliğini geliştirmek için kullanılan dijital bir model oluşturma sürecidir. Bu süreçte, yapısal, mekanik ve elektrik sistemlerinin tasarımı, fiziksel özellikleri ve işletme verileri dahil olmak üzere tüm yapı bileşenlerinin ayrıntılı bir modeli oluşturulur. Yapı bilgi modellemesi (BIM) zaman içerisinde değişen, gelişen yönetimsel bir uygulamadır. Tüm paydaşların entegre çalıştığı bu sistem, inşaat sektörünün geleceğe yönelik kuracağı stratejilerin ve gereksinimlerin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Aliev, Hanitsch ve Sinenko, 2020).

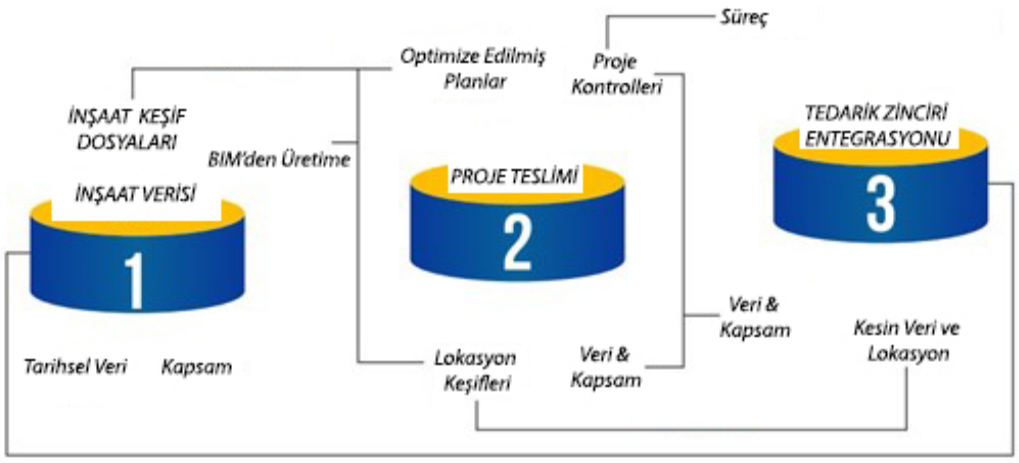



**Şekil 2.1** YBM/BIM süreci (Aliev, Hanitsch ve Sinenko, 2020'dan uyarlanmıştır.)

[1] Yapı bilgi modellemesi, Building Information Model teriminin Türkçe karşılığıdır. Literatürde genellikle BIM kısaltması ile kullanılmaktadır.

Şekil 2.1 ‘de görüldüğü üzere mimari tasarım ve projelendirme süreçlerinde geleneksel sistemde konsept tasarım öncelikli olarak yapılır. Ardından mekanik, elektrik ve statik gibi projelerin, mimari uygulama projesiyle koordinasyonu yapılır. Bu süreçte projelerde yapılan çeşitli nedenlerden kaynaklı revizyonlar, proje paydaşları ile paylaşılırken zaman ve veri kayıpları yaşanır. Yapı bilgi modellemesi ile yapılan mimari tasarım süreçlerinde tüm paydaşlar tek bir üç boyutlu sistem üzerinden çalışmaktadır. Bu şekilde proje sürecinde yer alan tüm paydaşlar arası koordinasyon geleneksel sisteme göre daha verimli gerçekleşir. Projeler arasındaki veri aktarımı daha sağlıklı olmakla beraber, birbiriyle çok daha uyumlu projeler ortaya çıkar. Böylelikle tasarlanan mimari projenin projelendirme, inşaat ve operasyon sürecinde kalite, zaman ve maliyet açısından iyileşmeler gerçekleşmektedir.

Yapı bilgi modellemesi, inşaat sürecine ait tüm verilerin işlenerek, bu verilerin bütün paydaşlarla paylaşılabildiği bir sistemdir. Bununla birlikte sürece ait yönetimsel kararların süre, kalite ve maliyet açısından etkilerinin izlenebilmesini sağlamaktadır (Constructible,2020).




**Şekil 2.2** BIM paydaş ağı (Constructible, 2020’den uyarlanmıştır.)

Diyagramda gözüktüğü üzere, yapı bilgi modellemesinde kullanılan üç boyutlu model; projeye ait belgeler, teslim dosyaları ve bu süreçteki tedarik zinciri ile bağlantı kurulmasını kolaylaştırır. Mimari proje konsept aşamasındayken, önce projeye ait tarihsel veriler ve proje kapsamına ait ilk veriler sisteme eklenir. Bu veriler kapsamında proje tasarım süreci tamamlanır. Ardından, proje teslim

aşamasında, sistem içine yapı bilgi modelleri, kontrolleri sağlanmış uygulama projeleri, tedarik zinciri verileri ve inşaat aşamasında kullanılacak olan tüm veriler işlenir. Son aşamada ise projenin uygulaması sırasında oluşturulan tüm veriler, uygulama sahasıyla iletişim halinde sisteme eklenmeye devam edilir. Tedarik zincirinin süreçle uyumlu bir halde ilerleyişi kontrol edilebilir (Şekil 2.2). Süreç boyunca sisteme işlenen bu veriler sayesinde bir yapının proje tasarımdan nihai inşaatına kadar tüm süreç tek bir model ile yürütülebilmektedir. Sürecin tüm paydaşlar tarafından izlenebilirliği ve kontrolü sağlanabilmektedir.

Yapı bilgi modellemesi tasarıma ait materyal bilgilerini, coğrafi mekan verilerini, finansal ve satın alma verilerini ve lojistik stratejilerini bulundurmaktadır. İnşaat sektöründe kullanılan dijital dönüşüm uygulamaları olan IoT ve akıllı sözleşme uygulamaları ile birlikte, sektörün işleyişi çok daha verimli hale gelebilmektedir. İnşaat sektörü çok paydaşlı bir sektör olduğundan dolayı bu verilerin tek bir model üzerinde bulunabilmesi ve tüm paydaşların iş akışına entegre olması, sektör paydaşları arası koordinasyonu arttırır ve yapılan projeye kalite, zaman ve maliyet açısından ciddi oranda avantajlar sağlamaktadır.

### 2.2.2 Nesnelerin İnterneti (IoT)

İnşaat sektörünün hızı ve büyümesi, inşaat paydaşlarının daha iyi sürdürülebilir inşaat için "nesnelerin interneti[2]" gibi gelişmiş ağ iletişim sistemlerini benimsemesini gerektirmiştir (Assan, Islam ve Mahmud, 2018). Nesnelerin interneti (IoT), inşaat sektörünün dijital dönüşümünde önemli potansiyele sahip, gelişmekte olan bir teknolojidir. IoT, manuel müdahale olmaksızın bir ağ üzerinden veri toplamak ve iletmek için sensörler, ağ ve yapay zekayı benimseyen gelişmiş bir otomasyon sistemidir (Mouha, 2021). IoT sayesinde, elektronik, yazılım, sensörler ve ağ bağlantısı sağlayan araçların veri toplaması ve bu verilerin alışverişi bir otomasyon sistemi içerisinde sağlanabilmektedir. İnşaat sektöründe, makineler, ekipman, malzemeler ve işçiler gibi çeşitli kaynaklardan veri toplamak ve analiz

[2] Nesnelerin İnterneti, Internet of Things teriminin Türkçe karşılığıdır. Literatürde, genellikle IoT kısalması ile kullanılmaktadır.

etmek için IoT teknolojisi kullanılabilir ve bu da proje verimliliğini, güvenliğini ve kalitesini iyileştirilmesinde kullanılabilmektedir.

İnşaat sektöründe IoT teknolojisi, proje verimliliğini artırmak için inşaat sürecinde teknik ekipman veya IoT ve modern internet yazılımının kullanılması anlamına gelir. Çevreyi yönetmek ve izlemek için bağlı sensörler ve aktivatörler kullanılır. Kullanılan sensörler sayesinde yapılacak olan bir işin algılanması, aktivatörler sayesinde ise yapılması planlanan bu iş gerçekleşir. Bu iki sistem birlikte çalışarak yapılması planlan işin otomasyonu sağlanmış olur. IoT, inşaat endüstrisi için son derece faydalıdır. Sektördeki çeşitli varlıkların ve kişilerin izlenmesini ve muhasebeleştirilmesini sağlamaktadır (Dinesh, 2022).

IoT'nin benimsenmesi, inşaat paydaşları arasında popüler bir trend haline gelmektedir. İnşaat paydaşlarının uzak konumlardaki inşaat yöneticilerinin şantiyelerde depolanan veya kurulu öğeleri görebilmesi için konum ve durum verilerini kaydetmek için kullanıldığı ortaya konulmaktadır (Dilakshan, Rathnasinghe ve Seneviratne, 2021). Artırılmış gerçeklik teknolojisi, proje tamamlanmadan önce oluşabilecek proje sonuçlarının görselleştirilmesini sağlamaktadır. Sanal gerçeklik teknolojisi, güvenliği artırmak, tasarım ve maliyet aşımından kaçınmak için; bulut ve mobil bilgi işlem teknolojisi ise inşaat uzmanlarının dosyalara ve verilere her yerden her zaman erişmesine olanak sağlamak için kullanılmaktadır (Henry, Mukhopadhyay, Tang ve Yap, 2021).

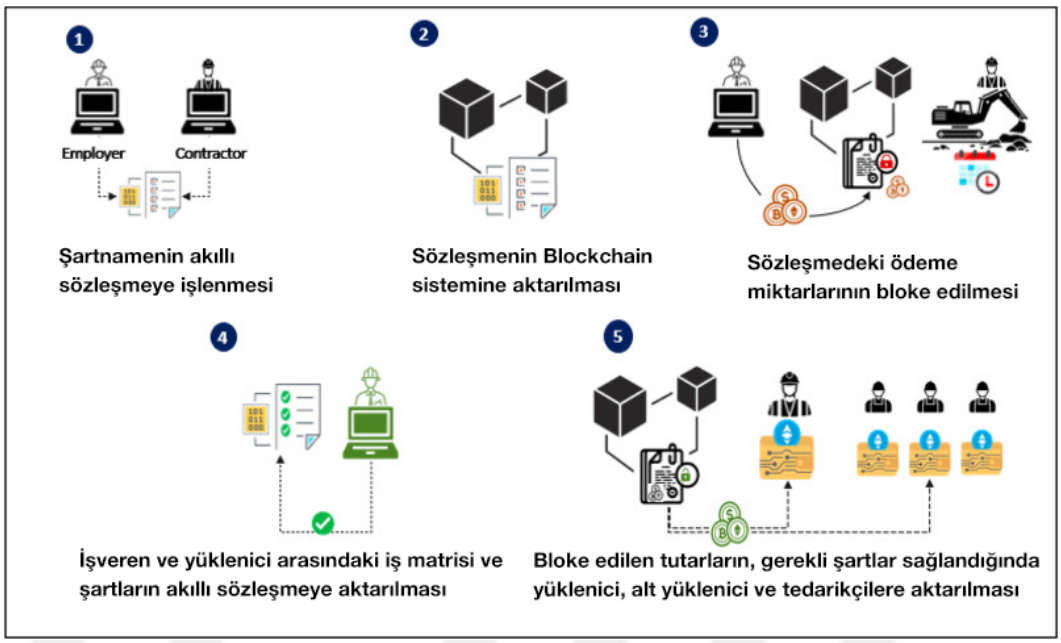
IoT teknolojisinin inşaat sektöründe kullanılan cihazlar üzerinde de kullanıldığı birçok nokta vardır. Giyilebilir cihazlar, bir ortamdan bilgi toplamak ve alınabilecek eylemler hakkında bilgi verir. Akış ölçerler, sıvıların akış hızını ölçer ve sıvı akışını analiz eder; dronlar ise verimli saha yönetimi hizmetine katkıda bulunmaktadır. 3D baskı makineleri, basması karmaşık projeler için gerekli materyali oluşturur. Web siteleri, site robotları görevleri geleneksel olarak insan tarafından yürütülen işleri, işletme süreçlerini gerçekleştirmek için kullanılır. E-ihale sistemi ise davetten sözleşmenin verilmesine kadar olan ihale döngüsünü yönetmek için çevrimiçi uygulamların benimsenmesidir. IoT'yi inşaat ekipmanı, makineler ve cihazlarla entegre etmek; inşaat süresini azaltmak ve kaynakları etkin bir şekilde kullanmak için operasyonları verimli bir şekilde gerçekleştirmeye yardımcı olmaktadır.

İnşaat sektörü, gelişmekte olan her ekonominin önemli bir parçasıdır. Dördüncü sanayi devriminde inşaat sektörünün en önemli itici güçlerinden biri, sürdürülebilir inşaatın iyileştirilmesi için IoT teknolojilerinin benimsenmesidir. Dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırılan dijital dönüşüm sürecinde, inşaat sektörünün sürdürülebilirliğini artırmak için IoT teknolojilerinin benimsenmesi önemli bir itici güç haline gelmiştir. IoT, nesnelerin sensörler, veri bağlantısı ve diğer teknolojik bileşenlerle birbirine bağlandığı bir ağdır, (Dosumu ve Uwayo, 2023). Bu sayede, inşaat projelerinde çeşitli unsurların (binalar, araçlar, ekipmanlar, enerji sistemleri, su kaynakları vb.) izlenmesi, analiz edilmesi ve optimize edilmesi mümkün hale gelir. Bu nedenle, inşaat şirketleri ve paydaşları, IoT teknolojilerini benimsemek ve bu alanlarda yenilikçi çözümler geliştirmek için fırsatları değerlendirmelidir.

### 2.2.3 Akıllı Sözleşmeler

Akıllı sözleşmeler, aracılara ihtiyaç duymadan taraflar arasındaki bir anlaşmanın şartlarını uygulamak için blok zinciri teknolojisini kullanan, kendi kendini yürüten bir tür dijital sözleşmedir. Akıllı sözleşmelerin inşaat sektöründe kullanılması, süreçleri kolaylaştırma, maliyetleri düşürme, şeffaflığı artırma ve güvenliği artırma potansiyeline sahiptir.

İnşaat sektöründe yapılan bir iş genellikle çok sayıda paydaşa sahiptir ve bu her paydaşla ayrı sözleşmeler yapılması gerekmektedir. Fakat her paydaşın onayıyla yapılan bir dijital sözleşme, süre ve maliyet bakımından ciddi tasarruflar sağlamaktadır (Salar, Rifat, 2020).




**Şekil 2.3** Akıllı sözleşme çalışma prensibi (Salar, Rifat, 2020'den uyarlanmıştır.)

Akıllı sözleşme çalışma prensibi, yukarıdaki diyagramda (Şekil 2.3) görüldüğü üzere şu şekildedir: ilk adım olarak projenin için gereken, şartnameler akıllı sözleşmeye işlenir. Daha sonra sözleşme blok zinciri sistemine aktarılır. Sisteme aktarılan sözleşmedeki bedeller bloke edilir ve güvence sağlanmış olur. Daha sora işveren ve yüklenici arasındaki iş matrisi ve şartlar akıllı sözleşmeye aktarılır. Son olarak bloke edilen tutarlar gerekli şartlar sağlandığında, yüklenici, alt yüklenici ve tedarikçiler gibi proje paydaşları ödemelerini sistem üzerinden almaya hak kazanırlar. Bu ödemeler kripto para olarak bile yapılabilmektedir.

Akıllı sözleşmeler IoT işlemleri için mikro işlemler ve güvenlik gereksinimlerini sağlayarak makine ekonomisinin gerçekleşmesini, canlı yapı bilgi modellerinin oluşmasını ve fikri mülkiyet haklarının korunmasını sağlarlar (Geipel ve Kinnaird, 2017). Akıllı sözleşmelerde, proje verileri yapı bilgi modellemesinden beslenebilir. Çünkü yapı bilgi modellemesi bir inşaat uygulamasının başlangıcından bitişene kadar planlama, ihale, tedarik, yapım, denetim, yönetim ve bakım onarım safhalarını model düzeyinde kontrolünü sağladığı için akıllı sözleşmelerle kolay bir şekilde entegre olabilir. Yapı bilgi modellemesi ile entegre çalışan bir akıllı sözleşmede keşif ve metraj hesaplamalarında güvenilirlik sağlanmaktadır. Entegrasyonu iyi sağlanmış akıllı sözleşmeler ve blok zincirleri ile yapıların bütçe hesaplamaları daha az sapma payları ile hesaplanabilmektedir (Barima,2017)

### 2.2.3 Blok Zinciri Teknolojisi

Blok zinciri teknolojisi, inşaat sektöründe, proje paydaşları arasında işlemleri ve veri paylaşımını yönetmenin güvenli ve şeffaf bir çözüm üreterek inşaat endüstrisinde önemli potansiyele sahiptir. Blok zinciri teknolojisinin en önemli faydalarından biri, tüm işlemleri şeffaf ve güvenli bir şekilde kaydeden, geçmişe yönelik değişikliklere karşı korumalı bir dijital defterin oluşturulmasını sağlamaktır. Bu sayede, yükleniciler, mimarlar, mühendisler ve müşteriler dahil olmak üzere proje paydaşları arasında yüksek düzeyde bir güven oluşturulması sağlanır. Blok zinciri teknolojisi sağlık, üretim ve inşaat gibi birçok farklı sektörlerde uygulanmaktadır.

İnşaat sektöründe blok zinciri teknolojisini, nesnelerin interneti (IoT), yapı bilgi modellemesi, akıllı sözleşmeler gibi son teknolojileri entegre etmek, birçok sınırlamanın üstesinden gelebilmek adına potansiyeller oluşturmaktadır. Blok zinciri platformları merkezi olmadığı için, gereksiz bürokrasinin azaltılması açık iletişimi geliştirecek ve paydaşları arası yaşanan iletişim sorunlarını, yanlış belgelemeleri ve ödeme sorunlarını önleyebilecektir (Arashpour , Mahmudnia ve Yang, 2022). Proje bazlı sektörler, çeşitli planlama ve uygulama zorluklarıyla başa çıkabilmek için çağdaş yöntemlere yönelmiştir. Örnek olarak inşaat sektöründeki geleneksel sözleşme düzenlemeleri, paydaşlar arasında sıklıkla şüphe ve güvensizlik yaratmaktadır. Bu nedenle sektördeki verimlilik olumsuz şekilde etkilenmektedir. (Arashpour, Gill, Heidarpour, Hosseinive ve Kamat, 2022). İnşaat sektöründe yaşanan bu anlaşmazlıklar üretimde aksamalara, ödemelerde eksikliklere, bilgi paylaşımında yetersizliklere neden olur. Bir blok zinciri uygulaması bu veri akışını diğer teknolojilerle güçlendirerek düzende tutabilmektedir. Bu şekilde proje maliyetlerinin ve sürelerinin azaltılmasına yardımcı olunmaktadır (Abaker, Abdelmaboud, Ahmed, Albasheer, Eisa, Ghorashi ve Karim, 2022).

Araştırmanın bir sonraki aşamasında, blok zinciri teknolojisi hakkında yapılan literatür taramaları yer almaktadır. Blok zinciri teknolojisinin tanımı ve potansiyel kullanımında avantaj sağlayabileceği uygulamalar ile ilgili bilgi verilmiştir. Daha sonrasında blok zinciri teknolojisinin inşaat sektörü ile ilişkisi ve sektör içinde potansiyel kullanım alanları açıklanmıştır. Bu bağlamda, inşaat sektöründe

kullanılan dijital dönüşüm uygulaması olan yapı bilgi modellemesi, nesnelerin interneti ve akıllı sözleşme uygulamaları ile entegrasyonu sonucu, sektöre olan potansiyel katkıları değerlendirilmiştir.

# 3
# BLOK ZİNCİRİ TEKNOLOJİSİ

## 3.1 Blok Zinciri Teknolojisi Tanımı

Blok zinciri, iletişim zincirleri boyunca işlemleri doğrulamak ve depolamak için akıllı ve kodlanmış şemalar sağlayan bir veri tabanı teknolojisidir. Blok zinciri, bir işlem veri tabanı olan, dağıtılmış defter teknolojisidir[3] (DLT). Blok zinciri işlemleri, ağın farklı düğümlerinde saklanır, bu da herhangi bir merkeze sahip olmamasını sağlamaktadır (Flood, Hatami, Moud, Shojaei ve Kinnaird, 2020). Temel olarak her blok, bir dizi işlem içeren ve bilgi depolayan bir dijital kayıt veya veri tabanıdır. Bu bloklar, değiştirilmeye karşı dayanıklı bir veri zinciri kodu oluşturarak birbirine bağlanmaktadır.

Blok zinciri uygulaması, 2008 yılında ilk kez Satoshi Nakamoto tarafından ortaya konulmuştur. Uygulama, ilk çıkışından bu yana oldukça genişletilmiştir. Literatürde, finans uygulamalarından, tedarik zinciri yönetimine kadar sektörlerdeki blok zincirinin kullanım alanlarının araştırıldığı birçok çalışma vardır. (Ali, Ally, Clutterbuck, 2020). Blok zinciri teknolojisi, dijital para birimi olan Bitcoin'i sunarak dünyadaki varlığından oldukça söz ettirmiştir. Birçok akademisyen ve araştırmacı blok zinciri teknolojisinin finans hizmeti sektöründeki özelliklerini incelemiştir. Blok zinciri, her ağ üyesinin erişebildiği, her işlemin bilgilerini kaydetmek için dağıtılmış defter teknolojisine (DLT) dayanmaktadır fakat değiştirilmesi mümkün değildir (Bi, Fu, Jing, Leng ve Van Nieuwenhuyse, 2018). Bir başka tanımla ise girişimcilik için fırsatlar yaratan ve ekonomi çerçeveleri üzerindeki etkisine dayalı olarak sosyal, çevresel ve ekonomik refahı geliştiren bir dijital finans teknolojisidir (Ali, Ally, Clutterbuck ve Dwivedi 2020). Blok zinciri teknolojisi, finans sektörü üzerinde önemli bir etki yaratmıştır. İşlemlerin kaydedilmesi ve doğrulanması için merkezi olmayan ve şeffaf bir sistem

[3] Dağıtılmış defter teknolojisi, Distrubuted Ledger Technology teriminin Türkçe karşılığıdır. Literatürde herhangi bir merkeze bağlı olmadan, birden fazla kişi tarafından erişilebilen ve kontrol edilebilen bir teknoloji alt yapısı olarak tanımlanmaktadır.

sunmaktadır. Endüstri çapındaki bu ihtiyaç, finans sektöründe blok zincirinin benimsenmesini hızlandırmaktadır.

Blok zinciri teknolojisi, ekonomi uygulamalarına fayda sağlamak için nesnelerin interneti (IoT) gibi diğer teknolojilerle birleştirilebilir ve sektörlerin dijital dönüşümü için bir temel oluşturabilir. IoT, makine öğrenimi algoritmalarını kullanabilir, ancak merkezi bulut sistemlerinde depolanan büyük verilerle ilgili gizlilik sağlayamadığından uygulanabilir değildir. Buna rağmen, merkezi olmayan bir sistemi benimseyen blok zinciri teknolojisi, IoT ağlarının gizliliğini sağlayabilmektedir ve veri yapılarına dayalı olarak IoT'deki zorlukların üstesinden gelebilmektedir (Guo, Liu, Ni, Niu, Wang, Zha ve Zheng, 2019). Sözleşme ve protokol süreçleri ise akıllı sözleşmeler ile sağlanarak, blok zinciri teknolojisinin bu alanda da avantajları olmasını sağlamaktadır.

Akıllı sözleşme teknolojisi ilk olarak 1997'de sunulmuş olsa da blok zinciri ve Ethereum'un geliştirilmesine kadar yeterince ilgi görmemiştir. Blok zinciri sistemleri, ekonomik faaliyetlerin merkezi olmayan değiştirilemez arabuluculuk potansiyeli nedeniyle son zamanlarda önemli bir ilgi görmektedir. Blok zinciri, dağıtılmış bir ağın katılımcıları tarafından paylaşılan değişmez bir veri tabanıdır (Buckley, Gear ve Sai, 2019). Şimdiye kadar blok zincirinin ana uygulaması, Bitcoin ve Ethereum gibi kripto para birimleri olmuştur. Bazı blok zincirleri, kullanıcı programlarını merkezi olmayan, durum bilgisi olan bir şekilde yürütme hükmüne sahiptir. Bunlar akıllı sözleşmeler olarak bilinir (Buterin, 2014). Akıllı sözleşmeler ilk olarak Bitcoin'de uygulanmıştır. Başlangıçta, programlama ortamının eksiksiz olmaması nedeniyle işlevsellikleri sınırlıydı. Bu sınırlama, Ethereum ağında yürütme ortamının tanıtılmasıyla aşılmıştır (Salter, 2016).

Ethereum, akıllı sözleşmeler olarak bilinen durum bilgisi bulunduran bilgi işlem verilerini yürütme hükmüne sahip olan önemli bir örnektir. Bu akıllı sözleşmeler, geleneksel programlara benzer, ancak temel ayırt edici faktör değişmezliktir. Değişmezlikleri ve yüksek finansal değerleri göz önünde bulundurulduğunda, yüksek kaliteli akıllı sözleşmelerin geliştirilmesi zorunlu hale gelmektedir (Buckley, Gear ve Sai, 2019). Ethereum, akıllı bir sözleşme yürütmek için bilinen en iyi platforma sahip kripto para birimidir.

Bir ağdaki tüm kullanıcılar tarafından yürütülen blok zincirine dayanan akıllı sözleşmeler, bilgi alışverişini kolaylaştırmaktadır. (Balasubramanian, Gondal, Stranieri ve Uddin, 2021). Blok zinciri teknolojisi, akıllı sözleşmelerin güvenli ve merkezi olmayan bir şekilde yürütülmesi için temel altyapıyı sağlar. Blok zinciri ve akıllı sözleşmelerin birleşimi, süreçleri otomatikleştirerek, maliyetleri düşürerek, güvenliği artırarak ve yeni iş modelleri sağlayarak çok sayıda sektörde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Blok zinciri teknolojisi, endüstrileri yeniden şekillendirme, verimliliği ve güvenliği artırma, yeniliği teşvik etme potansiyeline sahiptir ve inşaat sektörü dahil birçok sektörde önemli bir dijital dönüşüme olanak sağlamaktadır.

## 3.2 İnşaat Sektöründe Blok Zinciri Teknolojisi

Tüm sektörlerde olduğu gibi, inşaat sektörü de dijital dönüşümün bir parçası olmuştur. İnşaat sektöründe önemli bir yeri olan blok zinciri teknolojisi, yapı bilgi modellemesi (BIM), nesnelerin interneti (IoT) ve akıllı sözleşmelerle entegre edilebilir.

Yapı bilgi modellemesi, bir inşaat projesinin tasarımını, yapımını ve işletimini kapsayan dijital bir temsildir. İnşaat sektörü, blok zincirini BIM ile birleştirerek veri bütünlüğünü, iş birliğini ve proje yönetimini geliştirebilir. Blok zinciri, BIM verilerini güvenli bir şekilde saklayabilir, doğruluğunu ve yetkisiz değişikliklerin önlenmesini sağlayabilmektedir. Bu şekilde, inşaat yaşam döngüsü boyunca şeffaflığı, izlenebilirliği oldukça arttırarak verimliliği bir üst noktaya taşımaktadır.

İnşaat sahalarına yerleştirilmiş IoT cihazları, ekipman, malzeme ve çevre koşullarıyla ilgili çok miktarda veri üretebilir. Blok zincirini IoT ile entegre ederek, inşaat şirketleri IoT verilerini güvenli bir şekilde depolayabilir ve yönetebilir. Blok zinciri, veri bütünlüğünü sağlar ve denetlenebilir bir bilgi izi sağlayarak, verilerin değiştirilmesini veya bu verilere yetkisiz erişimi önler. Bu kombinasyon ile inşaat operasyonlarını optimize ederek ve maliyetleri düşürerek gerçek zamanlı izleme, bakım ve otomatikleştirilmiş iş akışları sağlanabilmektedir (Dilakshan, Rathnasinghe ve Seneviratne, 2021).

Bir blok zincirinde depolanan kendi kendini yürüten anlaşmalar olan akıllı sözleşmeler, inşaat sözleşmesi yönetimini ve ödeme süreçlerini otomatikleştirebilir. Blok zincirinin şeffaflığını ve değişmezliğini kullanan akıllı sözleşmeler, sözleşmeden doğan yükümlülüklerin şeffaf ve güvenli bir şekilde yerine getirilmesini sağlayabilir. Örneğin, ödeme kilometre taşları önceden tanımlanmış koşullara göre otomatik olarak tetiklenebilir ve blok zincirine kaydedilebilir. Bu, ödeme anlaşmazlıklarını azaltır, proje paydaşları arasındaki güveni artırır ve sözleşme yönetimini kolaylaştırır (Salar, Rifat, 2020).

### 3.2.1 Blok Zinciri Teknolojisi ve Yapı Bilgi Modelleme İlişkisi

Bir inşaat projesinin fiziksel ve işlevsel özelliklerinin dijital bir temsili olan yapı bilgi modellemesi (BIM), proje verimliliğini ve iş birliğini artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Blok zincirini BIM ile entegre ederek inşaat sektörü, proje yaşam döngüsü boyunca yeni bir şeffaflık, güven ve verimlilik düzeyini oluşturabilir. İnşaat sektörü, blok zinciri teknolojisinden faydalanarak geleneksel sınırlamaların üstesinden gelebilir, dijital dönüşümü yönlendirebilir. İş birliği yapan firmalar arasında sanal adresleri ve kimlikleri korumak için dijital varlık yönetimine yönelik bir mülkiyet kaydı oluşturabilir. Mülk veya yapı ürünleri gibi fiziksel varlıklar için şeffaf bir mülkiyet kaydı oluşturulabilir. Örneğin, tedarik zinciri boyunca kayıt tutmak için ürün ve kaynakla ilgili bilgileri içeren malzeme ve ürün kayıtları oluşturulabilmektedir (Shojaei, 2019).

Geleneksel yapı bilgi modellemesi (BIM) süreçleri, doğru şekilde uygulandığında, yüksek verimlilik, hızlı ve esnek proje dağıtımı, kapsamlı proje otomasyonları sağlayabilir. Bu süreçler, üç boyutlu modellerin, canlı verilerin ve makine öğreniminin gelişimiyle birlikte, BIM kitaplıklarının geliştirilmesi ve bu kitaplıkların dijital varlık yönetim sistemlerinde kullanılması üzerinde odaklanmalıdır. Dijital varlıklar, daha karmaşık davranışlara ve fiziksel varlığın tüm yaşam döngüsü boyunca kullanılmaya başlandıkça daha değerli hale gelmektedir. Ancak bu durum aynı zamanda mülkiyet ve sorumluluk endişelerini de beraberinde getirmektedir (Maciel, 2022).

Blok zinciri teknolojisinin sunduğu fırsatlardan birisi tasarım sorumluluklarının güvenini, değişmezliğini ve okunabilirliğini sağlamak için altyapı görevi görmesidir. Bu durum, Blok zinciri ile iletişim kuran dijital yazılım araçları

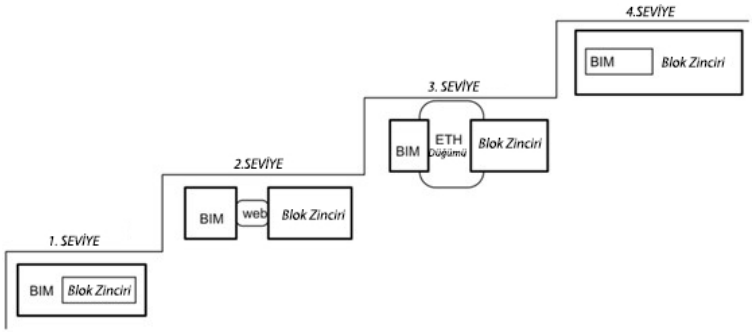
arasında birlikte çalışabilirlik için bir katman oluşturabilmektedir. Birbirinden farklı proje ekiplerinin, aynı projede farklı tasarım yazılımlarını kullanarak BIM modelleri oluşturmasına ve belirli bir yazılım sağlayıcısına bağlı kalmaktan kaçınmasına olanak tanır. Ortaya çıkan sonuçlar, BIM ve blok zinciri kullanan bir tasarım ortamı oluşturmaktadır. Örnek olarak, Dounas ve ekibi (2021), BIM'den Ethereum'a yazılım prototipi geliştirmiştir (Şekil 3.1). Önerdikleri çerçeve, tasarımcılar arasında fikir birliği, güven, şeffaflık, sorumluluk ve teşvik konuları için blok zinciri teknolojisini kullanmaktadır. Prototipi, Ethereum blok zinciri ile iletişim kurabilen dijital uygulamalar arasında birlikte çalışabilirliğe izin verecek şekilde yapılandırdılar. Tasarım bilgilerini esnek bir şekilde kaydetmek için blok zincirini ana uygulama olarak kullanmak için gelecekte benzer uygulamalar geliştirilebilir. Proje ekibi, proje zaman içinde geliştikçe, tasarım değişikliklerinin sırasını ve karar verme adımlarını kaydetmek için blok zincirini 4 farklı seviyede kullanabilmektedir. Bu seviyeler:

● BIM ortamında çalışan blok zinciri;

● Web üzerinden bağlanan BIM ve blok zinciri;

● Bir blok zinciri düğümü (örn. Ethereum düğümü) aracılığıyla entegre edilmiş BIM ve blok zinciri;

● Merkezi olmayan bir veri tabanı olarak uygulanan BIM veri tabanıdır.




**Şekil 3.1** BIM ve blok zinciri entegrasyonu için 4 adım (Dounas, Jabi ve Lombardi, 2021'den uyarlanmıştır.)

İnşaat projeleri teslim süreci ile ilgili olarak, hemen hemen tüm paydaşlar, eksiksiz veri setlerinin inşaatın sonunda mal sahibine teslim edilmesinin önemli olduğu konusunda hemfikirdir. Bununla birlikte, birden fazla paydaşın inşaat projesi teslimi sırasında bu eksiksiz veri setlerini sağlanması için genellikle çok az teşvik vardır. Sonuç olarak, bir inşaat projesinin sonunda veri setleri genellikle eksik ve düşük kaliteli olmaktadır (Maciel, 2022). Blok zinciri teknolojisi ile entegre BIM için can alıcı uygulama, dijital bileşenleri fiziksel eşdeğerlerine bağlama yeteneğidir; bu, veri toplama için tamamen yeni bir paradigma oluşturma ve internete bağlı bireysel cihazlardan gelen verilerle dolu, canlı BIM modellerini etkinleştirme potansiyeline sahip olmaktadır (Geipel ve Kinnaird, 2017).

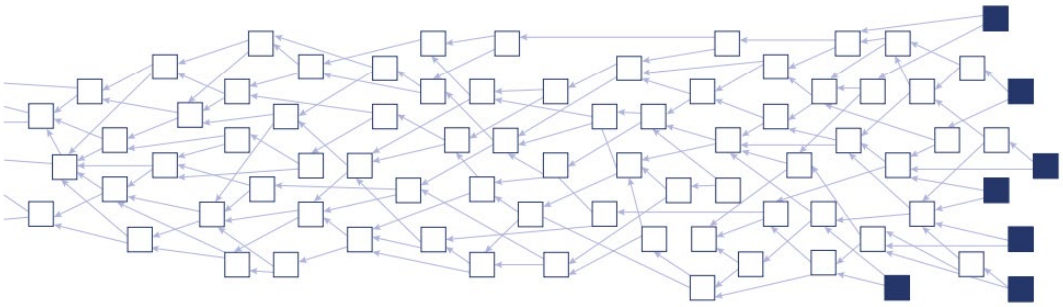
Blok zinciri teknolojisindeki gelişmeler, BIM gelişimini temelden dönüştürme potansiyeline sahiptir. BIM'i kurumsal ve proje düzeylerinde iyileştirme, inşaat projelerini yürütme ve teslim etme ve varlıklar arasında dijital bilgiyi tek bir noktadan taşıma veya alışveriş fırsatları sunmaktadır. Blok zinciri teknolojisi ile BIM standartlarını birleştirmek, düzenlemek ve doğrulamak için tercih edilen teknoloji olarak ortaya çıkmaktadır ve yapılı çevredeki birçok sistem göz önüne alındığında blok zinciri teknolojisinin avantajları görülebilmektedir. Kompleks ve kapsamlı projeler düşünüldüğünde, uygulanması planlanan projenin sanal bir kopyası olan üç boyutlu modellerin ve bunların ara yüzlerinin sorunsuz bir şekilde konuşlandırılması için potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir (Walters, 2019).

### 3.2.2 Blok Zinciri Teknolojisi ve Nesnelerin İnterneti İlişkisi

Blok zinciri teknolojisinin ve nesnelerin internetinin (IoT) birlikte kullanımı, verimlilik, şeffaflık ve otomasyon sürecini başlatarak inşaat endüstrisinde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. İnşaat projeleri giderek daha karmaşık hale geldikçe, blok zinciri ve IoT entegrasyonu, gerçek zamanlı veri yönetimi, varlık takibi, tedarik zinciri optimizasyonu ve iyileştirilmiş proje sonuçları için benzeri görülmemiş fırsatlar sunabilmektedir. Tang ve ekibi 2019 yılında yaptığı çalışmalarda, IoT'yi benimsemenin önündeki engellerin teknolojiler arasında entegrasyon eksikliği, sınırlı teknoloji uygulama ölçeği, yerinde veri kaydındaki eksiklikler, teknik eğitim ihtiyacı, hesaplama verimliliği eksikliği, çevrimdışı sensör ağı, veri gizliliği sorunları, donanım ve yazılım sınırlamaları, paydaşların

çabalarında standardizasyon eksikliği ve teknolojiye düşük güven olduğunu belirledi. İnşaat sektörü, blok zinciri ve IoT'nin avantajlarından yararlanarak geleneksel zorlukların üstesinden gelebilir, dijital dönüşümü benimseyebilir ve daha güvenli, akıllı ve sürdürülebilir inşaat uygulamalarının önünü açabilir.

Sürdürülebilir inşaat uygulamalarında önemli bir değişken olan coğrafi konum verileri, tedarik zinciri aracılığıyla iletilen bir ürünün gelip gelmediğini gösteren birincil veri setidir. Bununla birlikte IoT sensörleri, sıcaklık, nem, diğer nesnelere yakınlık, basınç, çarpışma, titreşim, ağırlık ve daha fazlası dahil olmak üzere malzemeler hakkında ek kriterler toplama yeteneğine de sahiptir. IoT teknolojisi, herhangi bir belirli öğenin durumunun izlenmesi ve bir sunucuya kaydedilmesi için bağlantı sistemi oluşturur (Saxon, 2020).



**Şekil 3.2** Blok zinciri ile entegre edilmiş IoT tedarik zinciri (Geipel ve Kinnaird, 2017'den uyarlanmıştır.)

Şekil 3.2'de görüldüğü üzere IoT uygulamalarında ögelerin mevcut durumunu kaydeden bir ağ oluşturulur. Oluşturulan bu ağ tek bir merkezden sağlanmaktadır ve belirli kişiler tarafından izlenebilmektedir. Blok zinciri ve IoT entegrasyonu oluşturulduğunda, aynı anda birden fazla cihazın birbiri ile iletişimini ve bu zincirlerin başındaki paydaşların bu süreci izlemesine olanak tanınır (Geipel ve Kinnaird, 2017).

Blok zinciri, malzemelerin kalitesinin herhangi bir açıdan bilinmesine veya doğrulanmasına, böylece daha güvenilir bir şekle ulaşmasını sağlar. Bilgiler, ağa erişimi olan herkes tarafından erişilebilir. Bu sistem dijital bir defter üzerinde bulut tabanlı bir platform ile sağlanır. Sensörler tarafından toplanan veriler zaman damgalıdır ve istendiği takdirde personeller tarafından doğrulanabilmektedir.

Tedarik zinciri veri seti, blok zinciri teknolojisi entegrasyonu sayesinde daha tutarlı ve uyumlu bir işlem sistemi kullanarak daha güvenilir bir şekilde kurulmuş olur. Nesnelerin interneti ve blok zincirinin entegrasyonu sayesinde alt yükleniciler, ana yükleniciler ve mal sahipleri dahil tüm paydaşların, tedariği sağlanan malzemelerin izlenebilirliğine ve koşullarının kalitesine güveni artar. Uygun şekilde tasarlanan bir zincir modeli ile malzemelerin şantiyede düzgün bir şekilde depolandığı ve incelenirse doğru şekilde kurulduğu doğrulanabilmektedir (Saxon, 2020).

### 3.2.3 Blok zinciri Teknolojisi ve Akıllı Sözleşmeler

İnşaat sektörü hukuki ihtilaflarla doludur. Anlaşmazlıklar geniş bir yelpazeden kaynaklanabilir. Sözleşme şartlarındaki belirsizlik, geç ödemeler, geç veya düşük performans gösteren iş teslimleri yaşanılan bu ihtilafların başlıca nedenlerindendir. Mevcut çalışma ortamını iyileştirmek adına çözümlerden biri akıllı sözleşmelerdir. Akıllı sözleşme, sözleşmeyi yöneten "eğer/ise (if/then)" yapısına sahip bir bilgisayar programı olarak tanımlanabilir. Taraflardan biri görevlerini yerine getirdikten sonra inceleme ister ve doğrulamanın ardından otomatik olarak bir ödeme yapılır. Böyle bir sistemin avantajı, sözleşmenin daha sorunsuz yürütülmesine ve anlaşmazlıkların önemli ölçüde azalmasını sağlar (Shojaei, 2019).

Blok zinciri teknolojisinin sağladığı ana yeniliklerden biri akıllı sözleşmelerdir. Akıllı sözleşmeler, geleneksel sözleşmelerin koşullarını sağlayabilen, bilgisayar kodları tarafından uygulanan tamamen dijital sözleşmelerdir. İnşaat sektöründeki otomasyon, belirli bir merkezi olmayan bulut bilgi işlem teknolojisi, büyük ölçüde gelişmiş veri güvenliği sağlayarak sektörde sözleşme ihtilaflarının azaltılması, yönetim işletim maliyetlerini azalmasını ve denetimlerin kolaylaşması gibi avantajlar sağlarlar (Geipel ve Kinnaird, 2017).

Blok zinciri teknolojisi ve akıllı sözleşmeler, iş yapma ve anlaşmaları yürütme şeklinde ciddi potansiyellere sahip, birbirine bağlı iki yeni teknolojidir. Blok zinciri, merkezi olmayan ve değişmez yapısıyla, işlemlerin kaydedilmesi ve doğrulanması için güvenli ve şeffaf bir platform sağlar. Öte yandan, akıllı sözleşmeler, koda yazılmış önceden tanımlanmış kurallar ve koşullar ile kendi kendini yürüten sözleşmelerdir. Blok zinciri teknolojisi ile ortak yasal süreçleri modüler hale gelebilecek akıllı sözleşmeler platformu geliştirmek için birçok fırsat vardır. Bu

şekilde inşaat sektörü sözleşme yönetimi alanında çok daha esnek ve yönetimi kolaylaştıran bir sürece girecektir (Saxon, 2020).

Çalışmanın bir sonraki bölümünde, Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründe kullanım potansiyelleri hakkında yapılan araştırmanın metodolojisi anlatılmıştır. Çalışmanın amacı ve yöntemi belirtilmiş olup, literatür taramasının nasıl yapıldığı açıklanmıştır. İnşaat sektöründe dijital dönüşüm uygulamaları ve bu uygulamaların blok zinciri teknolojisi ile ilişkisi araştırılırken nasıl bir yol haritası çizildiği belirtilmiştir. Ardından literatür taraması sonucu elde edilen veriler ile anketin oluşturulması ve anketin değerlendirme yöntemi açıklanmıştır. Anket verisi değerlendirilirken kullanılan önem-performans analizi (IPA) ve bu analizin araştırmada kullanılırken nasıl bir yöntem izlendiği belirtilmiştir.

# 4
# METODOLOJİ

## 4.1 Araştırma Yöntemi

Tez çalışması kapsamında öncelikle dijital dönüşüm ve inşaat sektörü konularında oluşturulmuş yayınlar araştırılmıştır. Taranan yayınlar, yayın yıllarına, yayımlandıkları ülkelere ve çalışmaların yapıldığı sektörlere göre analiz edilmiştir. İnşaat sektöründe dijital dönüşüm konusundaki araştırmaların, süreçlerin otomasyonu, veri analitiği, yapay zeka, nesnelerin interneti, akıllı sözleşmeler, yapı bilgi modellemesi ve diğer yenilikçi uygulamaların kullanımını içerdiği görülmüştür. Bu teknolojilerden yapı bilgi modellemesi, akıllı sözleşmeler ve nesnelerin interneti uygulamaları hakkında yapılan çalışmaların blok zinciri teknolojisi ile entegrasyonuna odaklandığı görülmüştür. Araştırma sürecinde,

- İnşaat sektöründe kullanılan dijital dönüşüm uygulamalarının tanımı ve kullanım alanları hakkında literatür verilerinin toplanması
- İnşaat sektöründe kullanılmakta olan dijital dönüşüm uygulamaları ve blok zinciri teknolojisinin entegrasyon alanlarının belirlenmesi
- Bu entegrasyon alanlarının Türkiye inşaat sektöründeki önemi ve performansının değerlendirilmesi

adımları izlenmiştir.

Dijital dönüşüm ve inşaat sektörü ilişkisi üzerindeki analizlerin ardından, tezin bir sonraki adımı blok zinciri teknolojisi ve inşaat sektörü arasındaki ilişkiyi araştırmaktır. Literatür taramalarından elde edilen verilerle, inşaat sektöründe dijital dönüşüm uygulamaları belirlenmiştir. Yapı bilgi modellemesi, nesnelerin interneti (IoT) ve akıllı sözleşmelerin ön plana çıktığı görülmüştür ve bu uygulamaların inşaat sektörüne olan katkıları araştırılmıştır.

Araştırmanın bir sonraki aşamasında blok zinciri teknolojisinin tarihi, çalışma prensibi ve kullanım alanları açıklanmıştır. Ardından blok zinciri teknolojisinin, inşaat sektöründeki önemi ve potansiyel uygulama alanları ile ilgili literatür verileri araştırılmıştır.

Son olarak blok zinciri teknolojisinin ülkemizde inşaat sektörüne olan entegrasyonunun öneminin ve performansının anlaşılabilmesi adına sektörde bir uzman grubu oluşturulup anket düzenlenmiştir. Anket kapsamında blok zinciri teknolojisinin yapı bilgi modellemesi, nesnelerin interneti (IoT) ve akıllı sözleşmeler uygulama alanlarında sorular hazırlanıp, her alanın önemi ve performansı araştırılmıştır.

Oluşturulan anket sonucunda, blok zinciri teknolojisinin Türkiye'de inşaat sektöründeki önemi ve performansı hakkında nicel sonuçlar elde edilmesi planlanmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sırasında önem-performans analizi (IPA-Importance-Performance Analysis) kullanılmıştır. Bu analiz yönteminin kullanılmasının nedeni, blok zinciri teknolojisinin diğer sektörlerde de olduğu gibi inşaat sektöründe de yeni kullanılan, kullanılması planlanmakta olan bir teknoloji olmasıdır. Henüz hakkında yeterli nicel sonuçlar elde eden çalışmalar bulunmamaktadır. Önem-performans analizi sayesinde sektörün blok zinciri teknolojisine karşı gösterdiği tutum anlaşılmaya çalışılmıştır. Blok zinciri teknolojisine verdikleri önem ve bu teknolojiden bekledikleri performanslar nicel bir şekilde ölçülüp iki aşamalı biz analiz sistemi uygulanmıştır. Elde edilen nicel veriler sayesinde inşaat sektörünün blok zinciri teknolojisinin kullanımına verilen önemi ve gerekliliğiyle ilgili sonuçlara varılması hedeflenmektedir. Bu sonuçlar blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründeki önemi ve uygulanabileceği alanlar hakkında bir sonraki yapılacak çalışmalara yön vermesi hedeflenmektedir.

## 4.2 Önem Performans Analizi

Önem analizi, belirli bir bağlam veya problem içindeki çeşitli faktörlerin, unsurların veya değişkenlerin önemini veya uygunluğunu değerlendirmeyi içerir. Sonuçlar veya karar verme üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilecek en etkili veya kritik yönleri belirlemeye ve önceliklendirme yapılmasına yardımcı olur. Önem analizi, işletme, araştırma, proje yönetimi ve problem çözme dahil olmak üzere çok sayıda alanda uygulanabilir. Temel olarak önem performans analizi, sektörün beklentilerine ilişkin nitelik ve performansına ait bir yargının oluşturulmasını sağlar (Wibawo, 2019). Bu şekilde piyasaya yeni sunulacak olan veya mevcutta yer alan bir uygulama hakkında yatırım stratejisi kurmaya yarayacak veriler elde edilir.

Önem-performans analizi (IPA), belirli bir bağlamda farklı özelliklerin veya faktörlerin göreceli önemini ve performansını değerlendirmek için kullanılan bir çerçevedir. Müşteri memnuniyeti araştırmalarında, pazarlama ve hizmet kalitesi değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılır. Önem-Performans Analizi (IPA), maliyet tasarrufu koşullarına aday olan veya iyileştirilmeye en çok ihtiyaç duyan bir ürün veya hizmetin bu özelliklerini belirlemek için basit ve kullanışlı bir tekniktir. Bu amaçla, iki boyutlu bir IPA ızgarası, ilgili her bir özelliğin önemi ve performansı hakkındaki değerlendirmenin sonuçlarını göstermektedir (Abalo, Manzano ve Varela, 2007).

Bu fikri geliştiren Martilla ve James (1977), önem-performans analizini (IPA), her özelliğin önemine ve performansına ilişkin yargılara dayanan etkili pazarlama stratejilerinin geliştirilmesini ilerletmek için basit bir grafik araç olarak tasarladılar. Önem-performans analizi, kuruluşların müşteri ihtiyaçlarını anlamasına, performans boşluklarını belirlemesine, iyileştirme çabalarına öncelik vermesine, kaynakları stratejik olarak tahsis etmesine, ilerlemeyi kıyaslamasına ve müşteri memnuniyetini ve sadakatini artırmasına yardımcı olduğu için önemlidir. Karar verme için değerli iç görüler sağlar ve müşteriler veya paydaşlar için en önemli alanlarda performansı artırmak için kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar.

IPA'nın kendisi, müşteri memnuniyetini, önemin (veya alternatif olarak beklentilerin) ve farklı ürün veya hizmet özelliklerinin performansını modelleyen bir beklenti-onaylama modeli olarak kabul edilir (Martilla ve James, 1977). Bu yönleri ayrı ayrı ele almak etkisiz olacaktır. Aslında, tek başına performans incelenirse, nispeten düşük puanlara sahip nitelikler müdahale gerektirecektir ve bu ürünün önem derecesi yüksek olsa da önemsiz kabul edilmesine neden olabilmektedir. Bu durumda müşterilerin aslında memnun olduğunu ve yöneticilerin bunun yerine diğer bazı özelliklere yatırım yapması gerektiğini gösterir (Sever, 2015). Bu nedenle, önem-performans analizi, kaynakların stratejik olarak yönlendirilmesine ve en etkili iyileştirme çabalarının belirlenmesine yardımcı olmaktadır.

Veri toplamak için genellikle anket veya görüşme gibi yöntemler kullanılır. Anketler, müşterilerin veya paydaşların önceden belirlenmiş ölçeklerde veya

sorularda değerlendirme yapmasına olanak tanır. Önem-performans analizi için kullanılan anketlerde her faktör için önem ve performans olmak üzere iki ayrı ölçüm yapılır. Müşteriler veya paydaşlar, her bir faktörün ne kadar önemli olduğunu belirlerken mevcut performans düzeyini de değerlendirir.

Önem-performans analizi, önemleri göz önüne alındığında, ürün veya hizmetin düşük veya yüksek performans gösterdiği özelliklerin tanımlanmasını kolaylaştırmayı amaçlar. Bu amaçla, iki boyutlu bir grafiğin önem ölçüsü dikey ekseni, performans ölçüsü ise yatay ekseni temsil etmektedir (Abalo, Manzano, Varela, 2007). Bu iki eksen, IPA ızgarasını, her özelliğin önem ve performans ölçeklerindeki ortalama derecesine göre gösterildiği dört çeyreğe böler. Veri analizi aşamasında elde edilen önem ve performans puanları kullanılarak önem-performans matrisi oluşturulur. Bu matris, faktörleri dört farklı kategoriye ayırır: yüksek önem, yüksek performans (stratejik faktörler), yüksek önem, düşük performans (iyileştirme gerektiren faktörler), düşük önem, yüksek performans (düşük öncelik faktörleri) ve düşük önem, düşük performans (düşük faktörler). Bu sınıflandırma, yöneticilere kaynakları nasıl tahsis edecekleri konusunda rehberlik eder ve iyileştirme çabalarına öncelik vermelerine yardımcı olur (Şekil 4.1).




**Şekil 4.1** Önem-performans diyagramı (martilla ve james 1977'den uyarlanmıştır.)

Izgaranın sol üst çeyreğinde bir özelliğin görünmesi düşük performansın fakat yüksek önem teşkil ettiğini, yeterli konsantrasyon sağlandığı takdirde başarıya ulaşılabileceğini göstermektedir. Izgaranın sol alt bölümünde kalındığında ise ürün hem düşük performans hem de düşük önem niteliğine sahip olmaktadır, bu nedenle düşük öncelikli bir ürün olduğu anlaşılmaktadır. Izgaranın sağ alt bölümünde kalındığında ise ürünün beklentinin altında önem teşkil edip yüksek performans gösterdiği görülmektedir. Bu durumda ürün yaşatılıp, kaynaklarında azaltılma yoluna gidilebilmektedir. Izgaranın sağ üstü bölümünde kalındığında ise ürün hem yüksek performans gösterip hem de yüksek önem teşkil etmektedir. Bu durumda çalışma ve ürünün başarılı olduğu varsayılır ve gerektirdiği takdirde ürün için ayrılan kaynakların artırılması söz konusu olabilmektedir.

Önem-performans analizi (IPA), müşteri memnuniyetini ve yönetim stratejilerini incelemede yararlı bir araç olarak kabul edilir. Bu teknik, inşaat sektöründe blok zinciri teknolojisinin dijital dönüşüm uygulamalarına entegrasyonunu araştırırken önceliklerin belirlenmesinde yardımcı olacaktır. Bu şekilde araştırma kapsamında elde edilen literatür verileri, elde edilen nicel sonuçlarla desteklenmiş olacaktır.

## 4.3 Blok Zinciri Teknolojisinin İnşaat Sektöründeki Dijital Dönüşüm Uygulamalarına Entegrasyonunun Önem Performans Analizi

### 4.3.1 Anket Sorularının Oluşturulması

Bu çalışmada, inşaat sektöründe blok zinciri teknolojisinin, dijital dönüşüm uygulamaları ile entegre kullanımının öneminin ve performansının, inşaat faaliyetlerine katkılarının araştırılması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda inşaat sektöründe faaliyet gösteren uzmanların bilgi ve birikimleri doğrultusunda cevaplayacağı bir anket hazırlanmıştır. İlgili anket Ek A'da paylaşılmıştır. Anketin uygulanacağı örneklem belirlenirken, inşaat sektöründe çalışmakta olan projelerin yatırım, tasarım, uygulama ve yönetim aşamasında yer alan tüm paydaşlarının görüşlerinin alınması hedeflenmiştir.

Anket soruları oluşturulurken, literatür taramasında elde edilen verilerden yararlanılmıştır. Scopus veri tabanında blok zinciri anahtar kelimesine sahip 2029

adet makalenin 1225 adetinin nesnelerin interneti, 1096 adetinin akıllı sözleşmeler ve 488 adetinin yapı bilgi modellemesi uygulaması ile entegrasyonunu ele aldığı tespit edilmiştir. Makaleler incelendiğinde blok zinciri teknolojisinin dijital dönüşüm uygulamalarının en çok hangi alanlarında entegrasyonunun araştırıldığı belirlenmiştir. Tablo 4.1'de bu çalışma kapsamında incelenen çalışmalar yer almaktadır. Anket soruları hazırlanırken bu literatür verileri doğrultusunda; yapı bilgi modelleme uygulamalarında dijital varlık yönetimi, proje yaşam döngüsü yönetimi, akıllı sözleşmeler ve veri yönetimi alanlarında; nesnelerin interneti uygulamalarında ise tedarik zinciri yönetimi, veri güvenliği, erişim kontrolü, eşler arası işlemler ve enerji verimliği alanları; akıllı sözleşmeler uygulamalarında ise anlaşmazlık çözümü, kendi kendini yürüten sözleşmeler, risk yönetimi, denetlenebilirlik ve uyumluluk alanlarındaki entegrasyonun önemi ve performansı değerlendirilmiştir. Blok zinciri teknolojisinin bu alanlara entegrasyonunun araştırılması için oluşturulan sorularla 1'den 7'ye kadar puanlanarak birinci bölümde bu uygulamaların sektör için önemlerini ve bu uygulamaların gerçekleştiği senaryodaki katkılarının, performansının değerlendirilmiştir.

**Tablo 4.1** Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründe uygulama alanları

| İnşaat Sektörü Dijital Dönüşüm Uygulaması | Dijital Dönüşüm Uygulamasının Blok Zinciri Teknolojisi ile Entegrasyon Alanı | Taranan Çalışmalar |
|---|---|---|
| Yapı Bilgi Modellemesi | Dijital Varlık Yönetimi | Aliev ve diğerleri (2020); Arashpour ve diğerleri (2022); Dounas ve diğerleri (2021); Geipel ve Kinnaird (2017); Maciel (2022); Saxon (2020) |
| | Proje Yaşam Döngüsü Yönetimi | Aliev ve diğerleri (2020); Arashpour ve diğerleri (2022); Shojaei (2019); Geipel ve Kinnaird (2017); Maciel (2022) |
| | Akıllı Sözleşmeler ve Ödemeler | Arashpour ve diğeleri (2022); Barima (2017); Dounas ve diğerleri (2021); Flood ve diğerleri (2019); Maciel (2022); Walters (2019) |
| | Veri Yönetimi ve Paylaşımı | Barima (2017); Dounas ve diğerleri (2021); Geipel ve Kinnaird (2017); Saxon (2020); Shojaei (2019); Maciel (2022); |

**Tablo 4.1** Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründe uygulama alanları (devamı)

| | | |
|---|---|---|
| Nesnelerin İnterneti | Tedarik Zinciri Yönetimi | Abaker ve diğerleri (2022); Dilakshan ve diğerler, (2021); Flood ve diğerleri (2019); Geipel ve Kinnaird (2017); Shojaei (2019); Maciel (2022); Mouha (2021); Saxon (2020) |
| | Veri Güvenliği | Assan ve diğerleri (2018); Abaker ve diğerleri (2022); Dinesh(2022); Dosumu ve Uwayo (2023); Henry ve diğerleri (2021); Mouha (2021) |
| | Erişim Kontrolü | Assan ve diğerleri (2018); Abaker ve diğerleri (2022); Dilakshan ve diğerleri (2021); Dosumu ve Uwayo (2023); Geipel ve Kinnaird (2017); Henry ve diğerleri (2021); Mouha, (2021); Shojaei (2019) |
| | Eşler arası İşlemler | Abaker ve diğerleri (2022); Assan ve diğerleri (2018); Dilakshan ve diğerleri (2021); Dinesh(2022); Dosumu ve Uwayo (2023); Henry ve diğerleri (2021); Saxon (2020); Shojaei (2019); |
| | Enerji Verimliliği | Assan ve diğerleri (2018); Geipel ve Kinnaird (2017); Maciel (2022); Mouha, (2021); Shojaei (2019) |
| Akıllı Sözleşmeler | Anlaşmazlık Çözümü | Barima (2017); Flood ve diğerleri (2019); Geipel ve Kinnaird, (2017); Maciel (2022); Salar ve Rifat (2020); Saxon (2020) |
| | Kendi Kendini Yürüten Sözleşmeler | Barima (2017); Flood ve diğerleri (2019) Geipel ve Kinnaird (2017); Salar ve Rifat (2020); Shojaei (2019) |
| | Risk Yönetimi | Arashpour ve diğeleri (2022); Geipel ve Kinnaird (2017), Maciel (2022), Salar ve Rifat (2020), Saxon (2020) |
| | Denetlenebilirlik ve Uyumluluk | Arashpour ve diğeleri (2022), Flood ve diğerleri (2019); Salar ve Rifat (2020), Shojaei (2019), Saxon (2020 |

Hazırlanan anket soruları kapsamında yapı bilgi modellemesi ile blok zinciri teknolojisinin entegrasyonu kapsamında değerlendirilmesi istenen uygulama alanları aşağıdaki gibidir:

- Blok zinciri teknolojisi, üç boyutlu modeller, tasarım dosyaları ve belgeler dahil olmak üzere BIM ortamındaki dijital varlıkları yönetmek için kullanılabilir. Bu varlıkların orijinalliğini, bütünlüğünü ve izlenebilirliğini sağlayarak, fikri mülkiyet haklarının korunmasını ve denetimi kolaylaştırır. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin dijital varlık yönetimi uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir.
- Blok zinciri teknolojisi, yapı bilgi modellemesi verilerini proje paydaşları arasında yönetmek ve paylaşmak için güvenli ve merkezi olmayan bir platform sağlayabilir. Gerçek zamanlı iş birliğine izin vererek ve veri kaybı veya manipülasyon riskini azaltarak veri bütünlüğü, sürüm kontrolü ve izlenebilirlik sağlar. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin veri yönetimi ve paylaşımı uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir.
- Blok zinciri teknolojisi, tasarım ve inşaat sürecinden, işletme ve bakım-onarım süreçlerine kadar inşaat varlıklarının tüm yaşam döngüsünün şeffaf ve değiştirilemez bir kaydını sağlayabilir. Bu durum, daha iyi bir takip süreci, bakım planlaması ve süreç optimizasyonu sağlar. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin proje yaşam döngüsü uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir.
- Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, BIM modelinde önceden tanımlanmış koşullara dayalı olarak ödeme süreçlerini otomatikleştirebilir. Bu durum, manuel faturalama ihtiyacını ortadan kaldırarak verimliliği artırır ve ödeme anlaşmazlıklarını azaltır. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin akıllı sözleşmeler ve ödeme uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir.

Hazırlanan anket soruları kapsamında nesnelerin interneti (IoT) ile blok zinciri teknolojisinin entegrasyonu kapsamında değerlendirilmesi istenen uygulama alanları aşağıdaki gibidir:

- Blok zinciri teknolojisi, IoT cihazları tarafından üretilen verileri depolamak için merkezi olmayan ve değiştirilmeye karşı korumalı bir defter sağlayarak IoT verilerinin bütünlüğünü ve güvenliğini sağlayabilir. Bu durum, çeşitli IoT sensörlerinden ve cihazlarından toplanan verilerde güven ve özgünlük oluşturmaya yardımcı olur. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin veri güvenliği uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir
- Blok zinciri teknolojisi, IoT cihazları arasında doğrudan eşler arası işlemleri mümkün kılarak aracılara olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Bu durum, cihazdan cihaza iletişim, otomatik ödemeler ve tedarik zinciri etkileşimleri gibi süreçleri kolaylaştırabilir. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin eşler arası işlemler uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir.
- Blok zinciri teknolojisi, IoT cihazları için erişim kontrolünü ve izinleri yönetmek için kullanılabilir. Bu durum, yalnızca yetkili kullanıcıların cihazlara ve verilerine erişebilmesini ve bunlarla etkileşim kurabilmesini sağlar. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin erişim kontrolü uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir.
- Blok zinciri teknolojisinin merkezi olmayan doğası, merkezi sunuculara olan bağımlılığı azaltarak enerji açısından daha verimli IoT ağları sağlayabilir. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin erişim verimliliği uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir.
- Blok zinciri teknolojisi, inşaat projelerinde kullanılan yapı malzemelerinin, hareketini izlemek için kullanılabilir. Bu, tedarik zinciri şeffaflığının geliştirilmesine, sahtecilik risklerinin azaltılmasına yardımcı olur. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin tedarik

zinciri yönetimi uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir.

Hazırlanan anket soruları kapsamında akıllı sözleşmeler ile blok zinciri teknolojisinin entegrasyonu kapsamında değerlendirilmesi istenen uygulama alanları aşağıdaki gibidir:

- Blok zinciri teknolojisinin şeffaf ve denetlenebilir doğası, sözleşme yönetiminde yasal uyumluluğu basitleştirebilir. Akıllı sözleşmeler, uyumluluk gereksinimlerini otomatik olarak uygulayabilir, değişiklikleri izleyebilir ve denetlenebilir bir sözleşme yürütme süreci sağlayabilir. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin denetlenebilirlik ve uyumluluk uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir.
- Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, proje risklerini yönetmek için önceden tanımlanmış koşulları içerebilir. Akıllı sözleşmelere önceden tanımlanmış olaylara veya koşullara göre talepleri otomatik olarak gerçekleştirerek risk yönetimine katkıda bulunur. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin risk yönetimi uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir.
- Blok zinciri teknolojisi, akıllı sözleşmeleri depolamak için güvenli ve değiştirilemez bir platform sağlar. Blok zincirine yerleştirildikten sonra, akıllı sözleşmeler değiştirilemez, bu durum, sözleşme yürütmede şeffaflık ve güven sağlar. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin kendi kendini yöneten sözleşme uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir.
- Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, önceden tanımlanmış koşullar karşılanana kadar teminatları, fonları veya varlıkları tutmayı kolaylaştırabilir. Anlaşmazlık durumunda, Blok zinciri teknolojisinin şeffaf ve denetlenebilir doğası, anlaşmazlıkların daha verimli bir şekilde çözülmesine yardımcı olabilir. Bu uygulama değerlendirmesi sonucunda blok zinciri teknolojisinin anlaşmazlık çözümü uygulama alanındaki önemi ve performansı değerlendirilmiştir.

### 4.3.2 Anket Sorularının Değerlendirilmesi

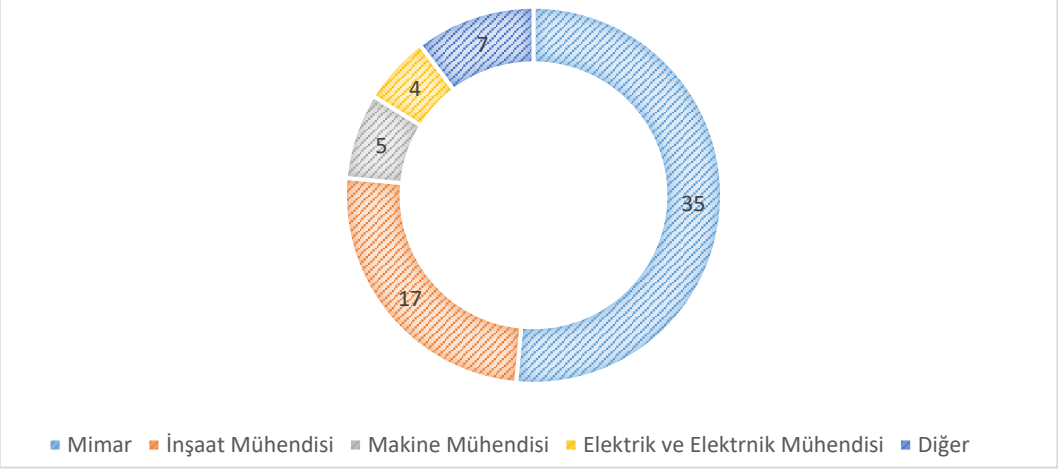
Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sırasında önem-performans analizi (IPA-Importance-Performance Analysis) kullanılmıştır. Bu analiz yönteminin kullanılmasının nedeni, blok zinciri teknolojisi diğer sektörlerde de olduğu gibi inşaat sektöründe de yeni kullanılan, kullanılması planlanmakta olan bir teknoloji olmasıdır. Henüz hakkında yeterli nicel sonuçlar elde eden çalışmalar bulunmamaktadır. Önem-performans analizi sayesinde sektörün blok zinciri teknolojisine karşı gösterdiği tutum anlaşılmaya çalışılmıştır.

Araştırmanın bir sonraki bölümünde oluşan değerlendirmeler sonucunda elde edilen veriler önem-performans analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründeki dijital dönüşüm uygulamalarına entegrasyonunun önemi ve performansı hakkında nicel sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen veriler her uygulama alanı altında, önem ve performans dereceleriyle yapılan değerlendirmelere göre kartezyen koordinat sistemine yerleştirilmiştir. Bu şekilde literatür taramalarından elde edilen verilerin önem ve performans bazında nicel veriler ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Karşılaştırmalar sonucu elde edilen bulgular ile inşaat sektöründe kullanılan dijital dönüşüm uygulamaları hakkında kurulacak olan stratejilere yön verilmesi hedeflenmiştir.

# 5
# ARAŞTIRMA BULGULARI

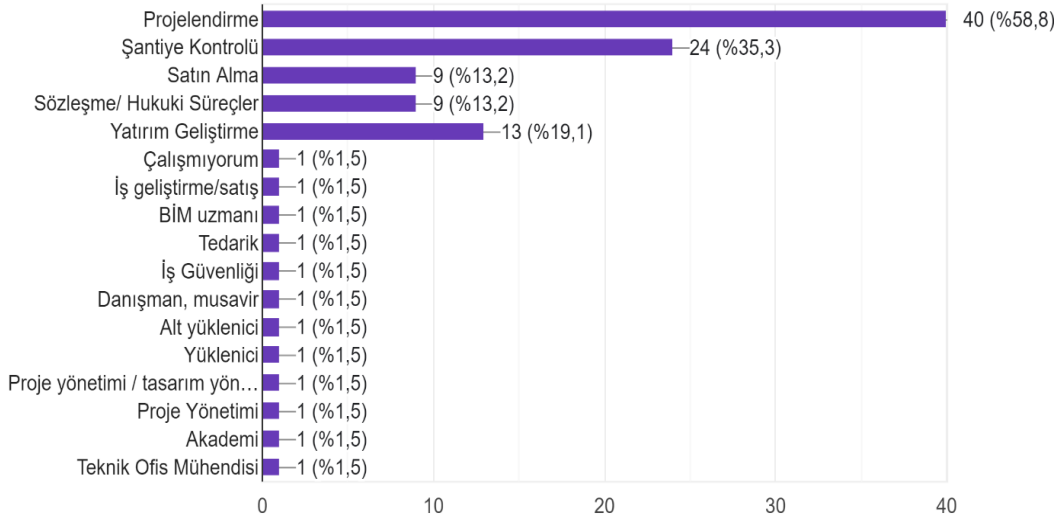
Anket kapsamında, inşaat sektöründe çalışan mimar, inşaat mühendisi, makine mühendisi, elektrik ve elektronik mühendislerinden oluşan 68 kişilik bir uzman grubunun görüşleri alınmıştır. Uygulanan anket sonucunda, blok zinciri teknolojisinin ülkemizde inşaat sektöründe yapı bilgi modellemesi teknolojisi ile entegre kullanımı sonucu önemi ve performansı; dijital varlık yönetimi, veri yönetimi ve paylaşımı, proje yaşam döngüsü ve yönetimi, akıllı sözleşmeler ve ödemeler alanlarında değerlendirilmiştir. Nesnelerin internetinin ve blok zinciri teknolojisinin entegre kullanımı sonucu önemi ve performansı, veri güvenliği, tedarik zinciri yönetimi, eşler arası işlemeler, enerji verimliliği, erişim kontrolü ve gizlilik alanlarında değerlendirilmiştir. Akıllı sözleşmelerin ve blok zinciri teknolojisinin entegre kullanımı sonucu önemi ve performansı, denetlenebilirlik ve uyumluluk, anlaşmazlıklar çözümü, risk yönetimi, kendi kendini yürüten sözleşme uygulamaları alanlarında değerlendirilmiştir.

Anket uygulanan uzman grubunda 68 kişiden 35 kişisi mimar, 17 kişi inşaat mühendisi, 5 kişi makine mühendisi, 4 kişi elektrik elektronik mühendisi olup, 7 kişi diğer meslek grubunda yer almaktadır (Şekil 5.1).



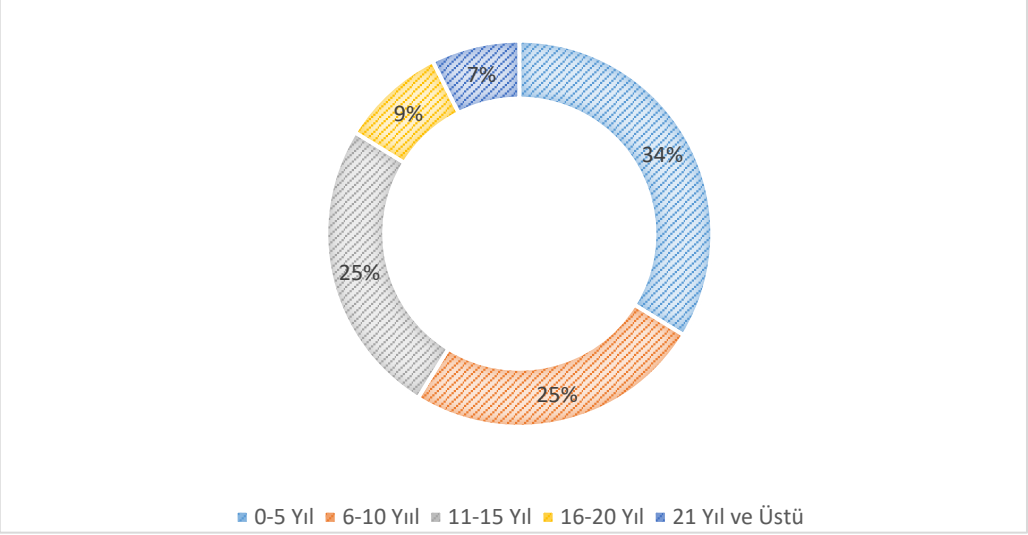

**Şekil 5.1** Uzman grubu mesleki dağılımı

Anketi dolduran uzman grubu, inşaat sektöründe %58 oranıyla en çok projelendirme görevinde yer almaktadır, ardından %35 oranla şantiye kontrolü görevi yer almaktadır (Şekil 5.2).



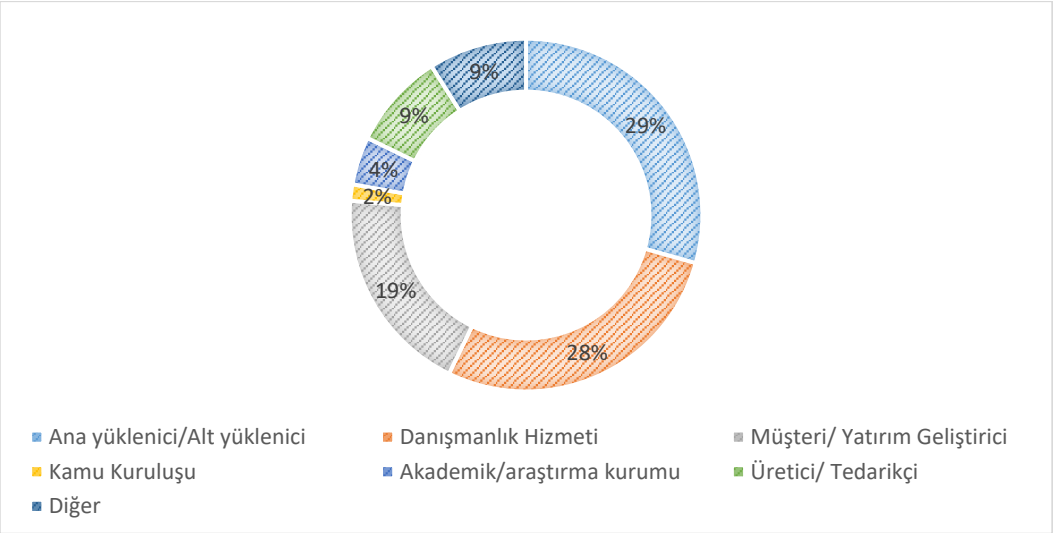

**Şekil 5.2** Uzman grubu inşaat sektörü rol dağılımı

Katılımcılar inşaat sektöründeki deneyim yıllarına göre değerlendirildiğinde katılımcıların en çok 0-5 yıl aralığı ve 6-10 yıllık bir deneyim aralığında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.2).



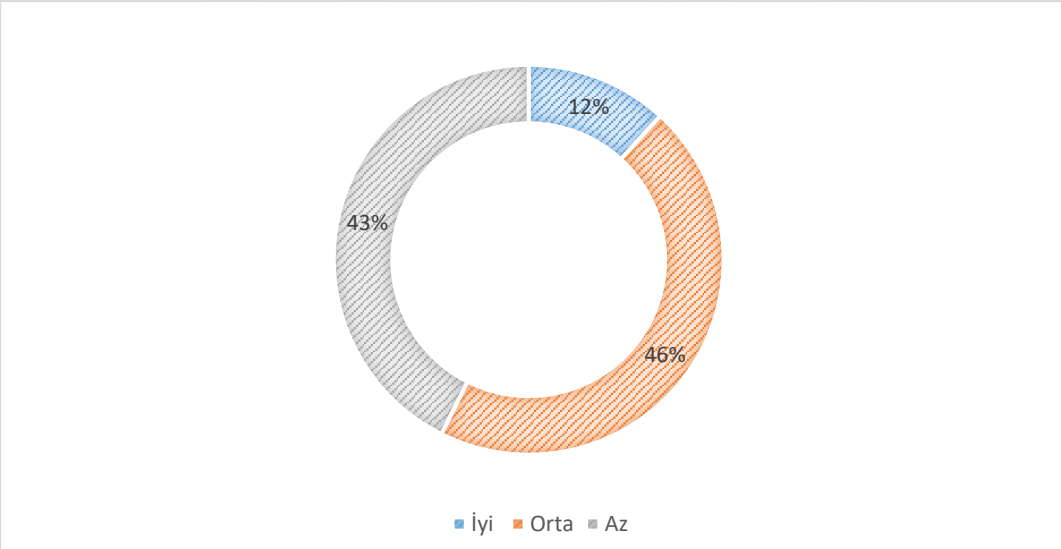

**Şekil 5.3** Uzman grubu inşaat sektöründeki deneyimi

Ankete katılan kişilerin çalıştığı kurumların temel iş faaliyeti ise en çok %29 oranında ana yüklenici/alt yüklenici, ardından %28 oranında danışmanlık hizmetidir (Şekil5.4).




**Şekil 5.4** Çalışılan kurumun temel iş faaliyeti

Son olarak anket uygulanan uzmanların blok zinciri teknoloji ile ilgili bilgi seviyesinin değerlendirilmesi istenmiştir. Değerlendirmeye katılan uzmanların %12'ünün iyi seviyede, %46'sının orta seviyede, %43 'sinin az seviyede blok zinciri teknolojisi ile ilgili bireysel bilgi seviyesi olduğu görülmüştür (Şekil 5.5).



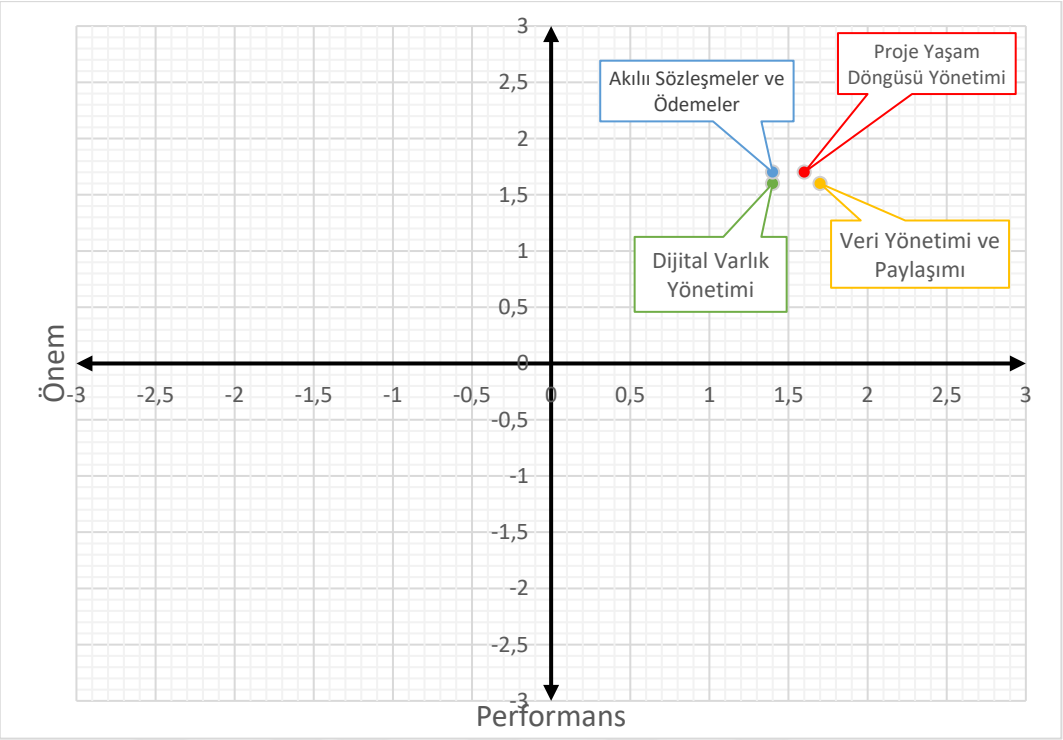

**Şekil 5.5** Katılımcıları blok zinciri teknolojisi bilgi seviyesi

Değerlendirilen blok zinciri ve dijital dönüşüm uygulamaları 1'den 7'ye kadar puanlandıktan sonra elde edilen verilerin ortalaması kartezyen koordinat sistemine işlenip, sistemin merkezi 0 kabul edilebilmesi için verilen 1 yanıtı -3, 7 yanıtı 3 olarak kabul edilmiştir. Bu şekilde elde edilen verilerin sistemin dört farklı

kategorisi olan stratejik faktörler, iyileştirme gerektiren faktörler, düşük öncelik faktörleri ve düşük faktörlerden hangi alanda değerlendirileceği hakkında yön vermesi hedeflenmiştir.

## 5.1 Blok Zinciri ile Yapı Bilgi Modellemesi Entegrasyonunun Önem-Performans Değerlendirmesi

Yapılan değerlendirmeler sonucu yapı bilgi modellemesinin blok zinciri teknolojisi ile entegrasyonu değerlendirme verileri grafiğe işlendiğinde 4 uygulama alanının da sistem uzmanları tarafından yüksek önem ve yüksek performans gösterdiği ortaya konmuştur (Şekil 5.6). Sektör uzmanları tarafından akıllı sözleşmeler, ödemeler ve proje yaşam döngüsü uygulama alanları en fazla önemli bulunmuştur. Veri yönetimi ve paylaşım uygulamaları ise en yüksek performansı göstererek inşaat sektörüne yansıtacağı katkılar açısından önemli bulunmuştur. Dijital varlık yönetimi ise değerlendirilen alanlar arasında en düşük önem ve performans seviyesinde kalmasına rağmen, koordinat sisteminde stratejik olarak yüksek önem ve performans alanında bulunmaktadır. Değerlendirilen tüm blok zinciri ve yapı bilgi modellemesi entegrasyonu uygulama alanları sektör uzmanları tarafından yüksek önem, yüksek performans olarak değerlendirilerek, blok zinciri teknolojisinin bu uygulamada önemli bir stratejik faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

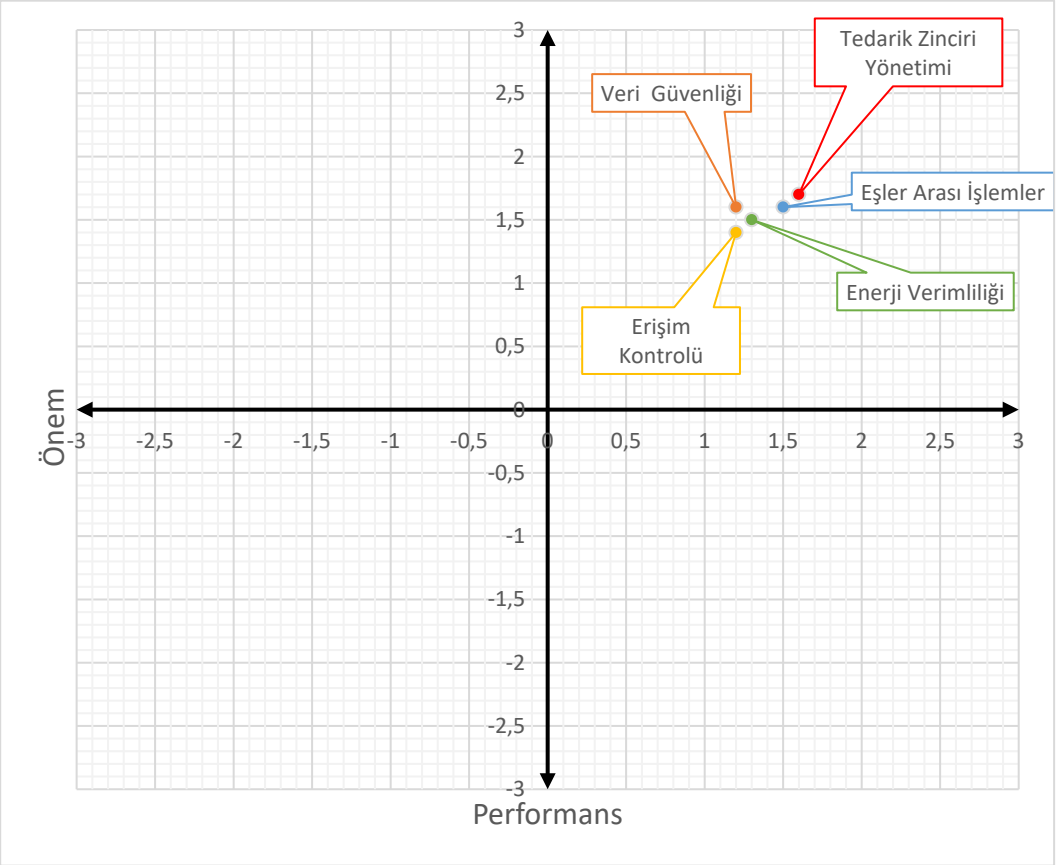



**Şekil 5.6** Blok zinciri yapı bilgi modellemesi entegrasyonunun önem performans değerlendirmesi

## 5.2 Blok Zinciri ile Nesneleri İnterneti Entegrasyonunun Önem-Performans Değerlendirmesi

Yapılan değerlendirmeler sonucu inşaat sektöründe nesnelerin interneti uygulamalarının blok zinciri teknolojisi ile entegrasyonunun değerlendirme verileri grafiğe işlendiğinde 5 uygulama alanının da sistem uzmanları tarafından yüksek önem ve yüksek performans gösterdiği ortaya konmuştur (Şekil 5.7). Sektör uzmanları tarafından tedarik zinciri uygulama alanı hem en fazla önemi arz ederken hem de en yüksek performansı göstererek inşaat sektörüne yansıtacağı katkılar açısından en yüksek seviyede bulunmuştur. Erişim kontrolü alanı ise en düşük önem ve performans seviyesinde kalmasına rağmen, koordinat sisteminde stratejik olarak yüksek önem ve performans alanında bulunmaktadır. Değerlendirilen tüm blok zinciri ve nesnelerin interneti entegrasyonu uygulama alanları sektör uzmanları tarafından yüksek önem, yüksek performans olarak değerlendirilerek,

blok zinciri teknolojisinin bu uygulamada önemli bir stratejik faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

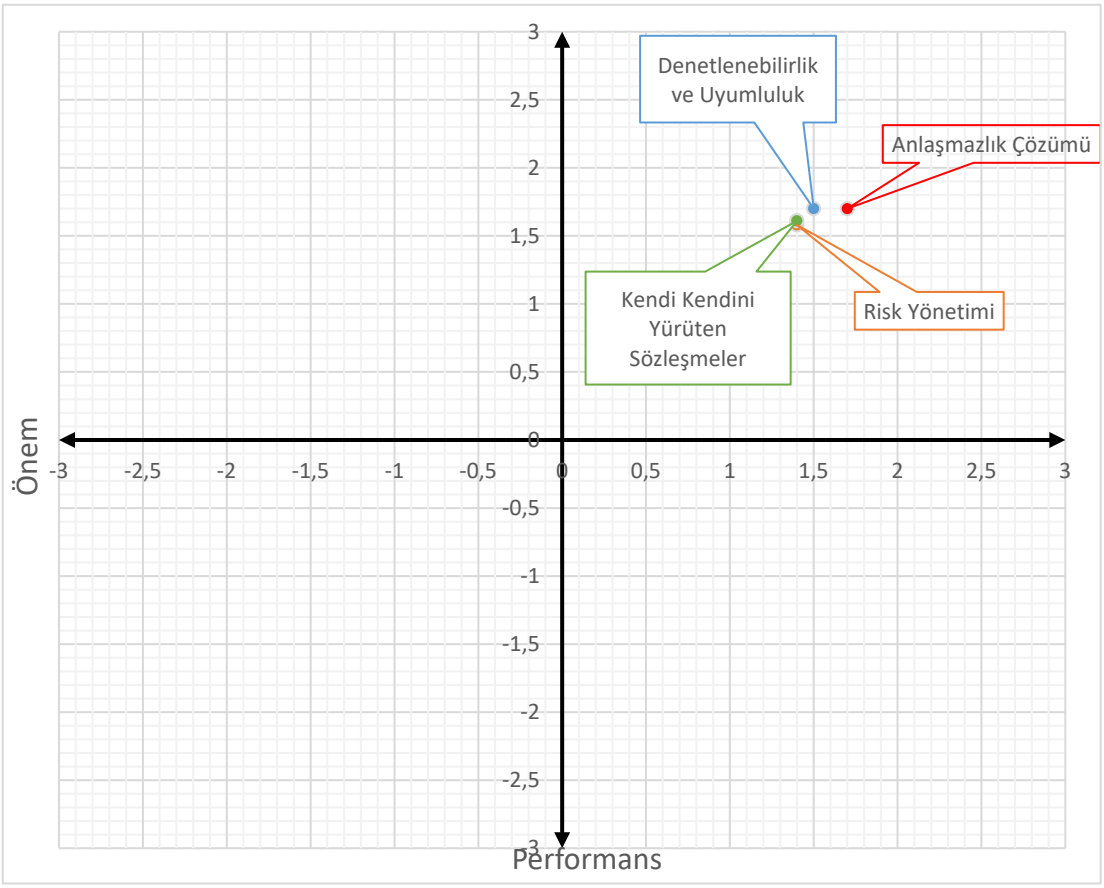



**Şekil 5.7** Blok zinciri- nesnelerin interneti (ıot) entegrasyonunun önem-performans değerlendirmesi

## 5.3 Blok Zinciri ile Akıllı Sözleşmeler Entegrasyonunun Önem-Performans Değerlendirmesi

Yapılan değerlendirmeler sonucu inşaat sektöründe akıllı sözleşme uygulamalarının blok zinciri teknolojisi ile entegrasyonunun değerlendirme verileri grafiğe işlendiğinde 4 uygulama alanının da sistem uzmanları tarafından yüksek önem ve yüksek performans gösterdiği ortaya konmuştur (Şekil 5.8). Sektör uzmanları tarafından anlaşmazlık çözümü uygulama alanı hem en fazla önemi arz ederken hem de en yüksek performansı göstererek inşaat sektörüne yansıtacağı katkılar açısından yüksek seviyede bulunmuştur. Kendi kendini yürüten sözleşmeler ve risk yönetimi alanları en düşük önem ve performans seviyesinde kalmasına rağmen, koordinat sisteminde stratejik olarak yüksek önem ve

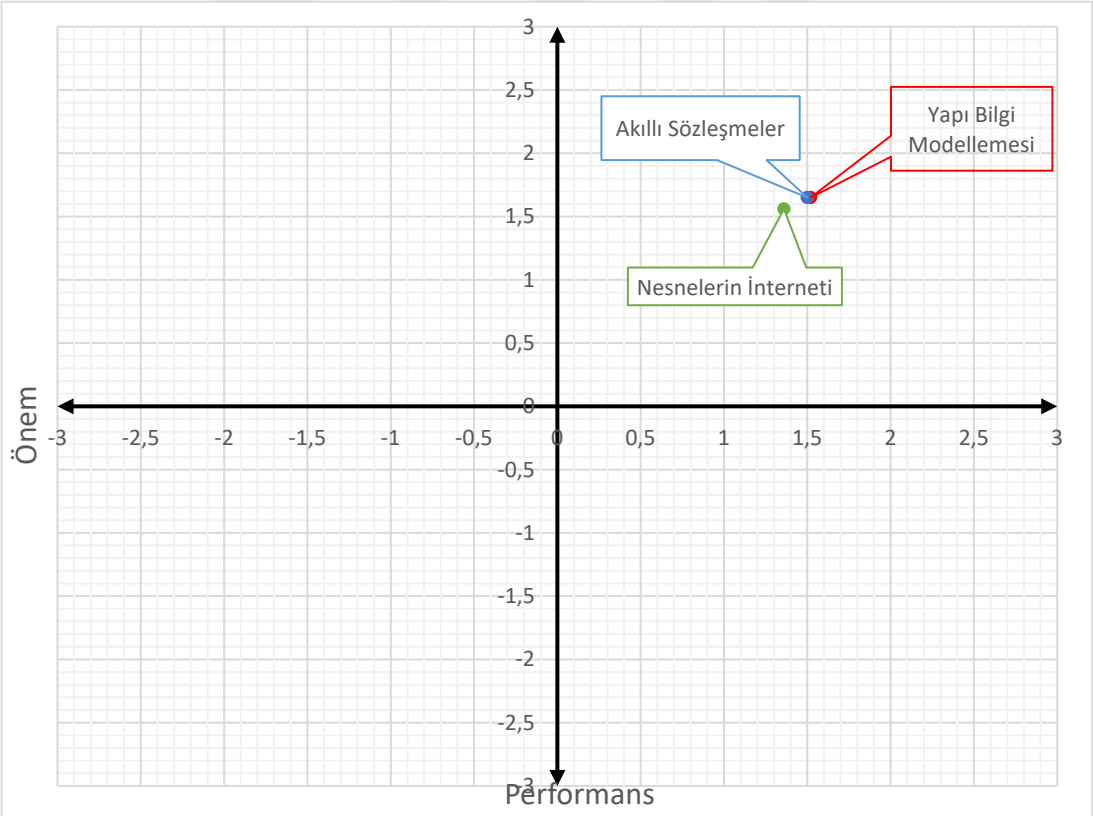
performans alanında bulunmaktadır. Değerlendirilen tüm blok zinciri ve akıllı sözleşmeler entegrasyonu uygulama alanı sektör uzmanları tarafından yüksek önem, yüksek performans olarak değerlendirilerek, blok zinciri teknolojisinin bu alanda önemli bir stratejik faktör olduğunu ortaya koymaktadır.




**Şekil 5.8** Blok zinciri- akıllı sözleşmeler entegrasyonunun önem-performans değerlendirmesi

## 5.4 Blok Zinciri ile Dijital Dönüşüm Uygulamaları Entegrasyonu Önem-Performans Değerlendirmesi

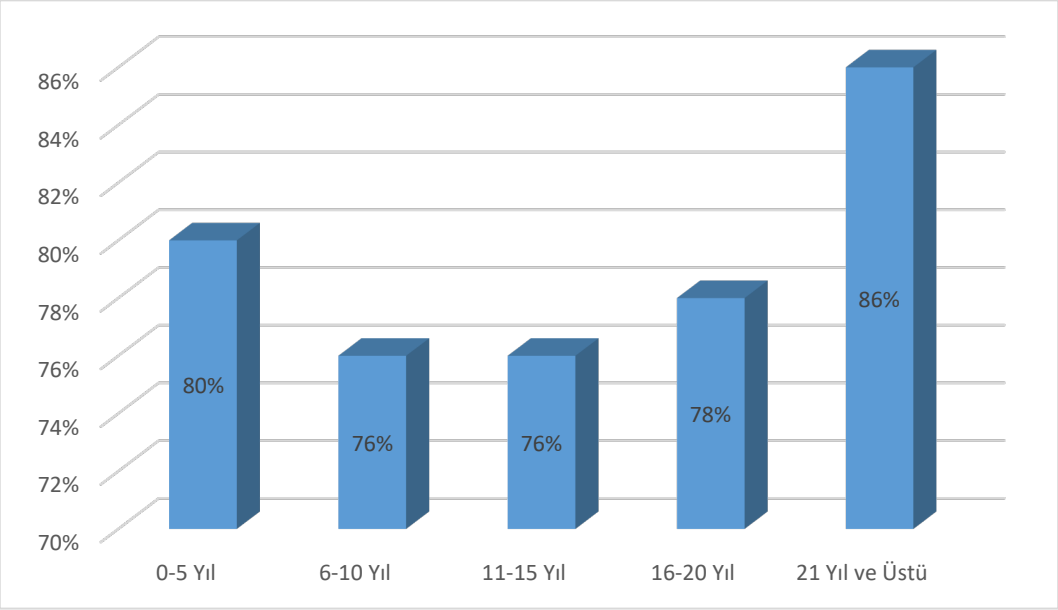
Yapılan değerlendirmeler sonucu inşaat sektöründe dijital dönüşüm uygulamalarının blok zinciri teknolojisi ile entegrasyonunun değerlendirme verileri grafiğe işlendiğinde 3 uygulamanın da sistem uzmanları tarafından stratejik olarak yüksek önem ve yüksek performans gösterdiği ortaya konmuştur (Şekil 5.9). Sektör uzmanları tarafından yapı bilgi modellemesi uygulamaları hem en fazla önemi arz ederken hem de en yüksek performansı göstermektedir. Buna rağmen akıllı sözleşmeler ve nesnelerin interneti uygulamalarının da inşaat sektörüne yansıtacağı katkılar açısından önemli ve performansını yüksek bulunmuştur. Değerlendirilen tüm blok zinciri ve dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonu sektör uzmanları tarafından yüksek önem, yüksek performans olarak belirtilerek, blok zinciri teknolojisinin inşaat sektörünün dijital dönüşüm sürecinde önemli bir stratejik faktör olduğunu ortaya koymaktadır.




**Şekil 5.9** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm alanları entegrasyonunun önem-performans değerlendirmesi

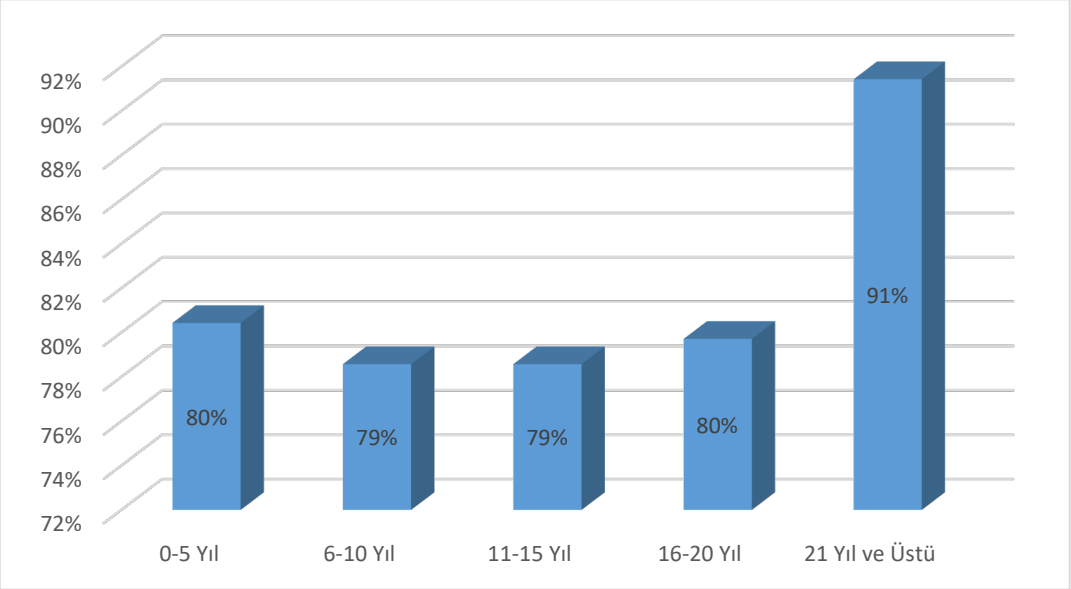
## 5.5 Blok Zinciri ile Dijital Dönüşüm Uygulamaları Entegrasyonunun Önem ve Performansının Uzman Tecrübelerine Göre Değerlendirmesi

Değerlendirmenin bu aşamasında anket sonuçlarından elde edilen veriler, sektör uzmanların deneyimlerine göre kategorize edilmiştir. Sektör uzmanlarının deneyim aralıkları belirlenip, elde edilen puanlar yüzdelik dilimlerle gösterilmiştir. Anket değerlendirmesine katılmış olan 21 yıl ve üstü deneyim sahibi olan uzmanlar, %85 oran ile blok zinciri teknolojisinin inşaat sektörünün dijital dönüşümünde önemli bir yere sahip olduğunu belirtmektedir. Ardından %79 oran ile 0-5 yıl deneyim aralığında olan uzmanlar ön plana çıkmaktadır. (Şekil 5.10). Değerlendirme sonucunda dijital dönüşüm uygulamaları 6-10 ve 11-15 yıl arası tecrübeye sahip uzmanlar tarafından en az seviyede önemli bulunmaktadır.




**Şekil 5.10** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun deneyim yılı-önem değerlendirmesi

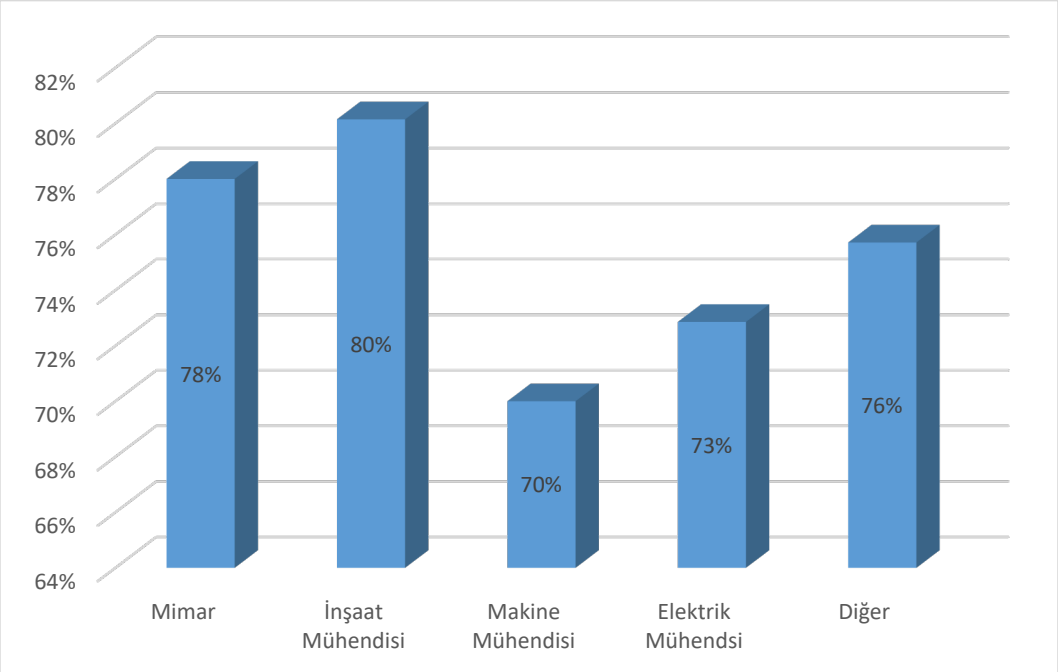
Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründeki dijital dönüşüm uygulamalarındaki entegrasyonu sonucu sağlayacağı potansiyel katkıları değerlendirildiğinde %91 oranla 21 yıl ve üstü deneyime sahip uzmanlar ve %80 oran ile 0-5 yıl arası deneyime sahip çalışanların blok zinciri teknolojisinin performansını yüksek bulmaktadır (Şekil 5.11). Değerlendirme sonucunda 6-10 ve 11-15 yıl arası tecrübeye sahip uzmanlar tarafından dijital dönüşüm uygulamalarının inşaat sektörüne katkısının daha az olacağı görülmektedir.




**Şekil 5.11** Blok zinciri ve inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonun deneyim yılı-performans değerlendirmesi

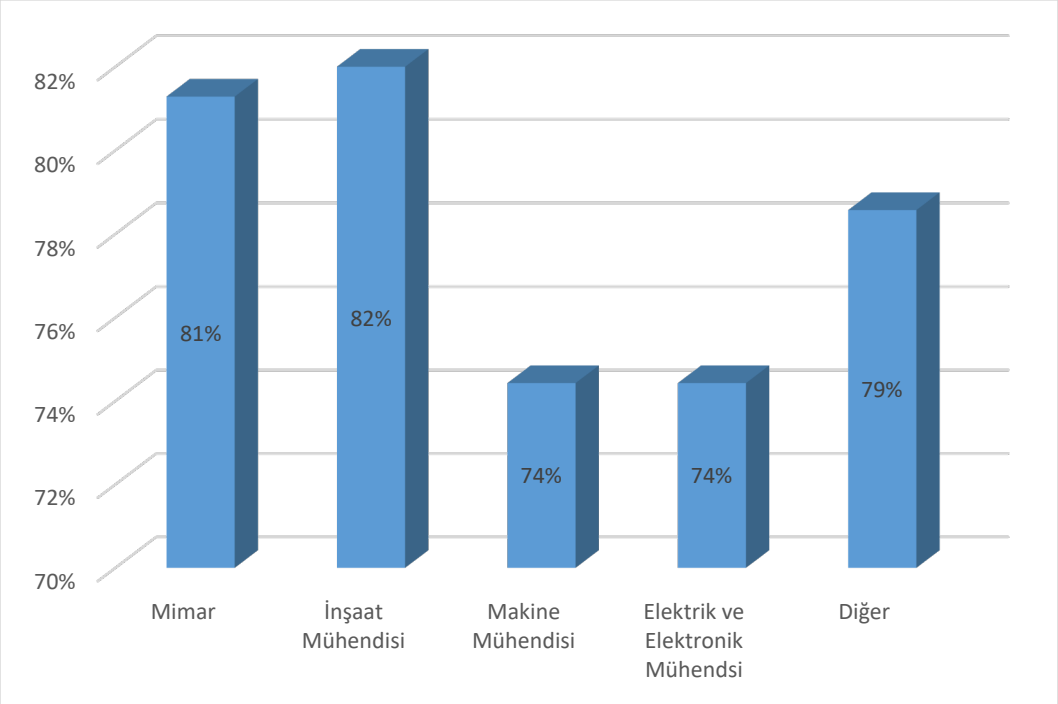
## 5.6 Blok Zinciri ile Dijital Dönüşüm Uygulamaları Entegrasyonunun Önem ve Performansının Uzman Mesleğine Göre Değerlendirmesi

Değerlendirmenin bu aşamasında anket sonuçlarından elde edilen veriler, sektör uzmanların mesleklerine göre kategorize edilmiştir. Sektör uzmanlarının meslekleri belirlenip, elde edilen puanlar yüzdelik dilimlerle gösterilmiştir. Anket değerlendirmesine katılmış inşaat mühendisi olan uzmanlar, %80 oran ile blok zinciri teknolojisinin inşaat sektörünün dijital dönüşümünde önemli bir yere sahip olduğunu belirtmektedir. Ardından %78 oran ile mimar olan uzmanlar ön plana çıkmaktadır. (Şekil 5.12). Değerlendirme sonucunda dijital dönüşüm uygulamaları makine mühendisi ve elektrik mühendisi olan uzmanlar tarafından en az seviyede önemli bulunmaktadır.




**Şekil 5.12** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun uzman mesleğine göre önem değerlendirmesi

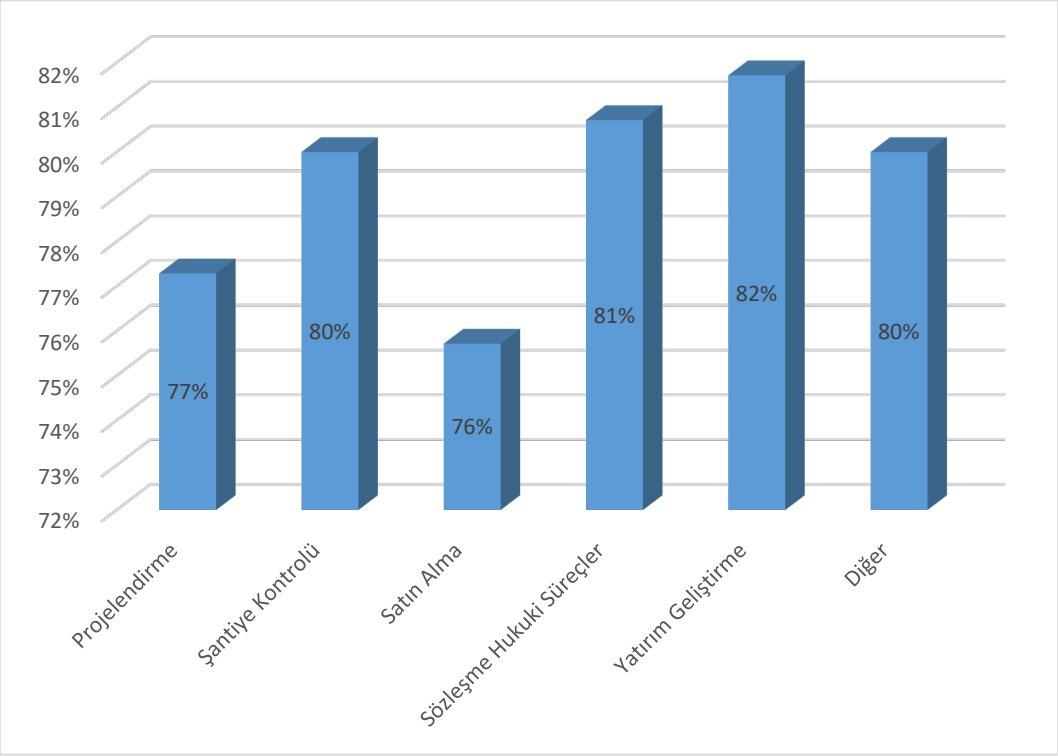
Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründeki dijital dönüşüm uygulamalarındaki entegrasyonu sonucu sağlayacağı potansiyel katkıları değerlendirildiğinde %82 oranla inşaat mühendisi olan uzmanlar ve %81 oran ile mimar olan uzmanların blok zinciri teknolojisinin performansını yüksek bulmaktadır (Şekil 5.13). Değerlendirme sonucunda makine mühendisi ve elektrik elektronik mühendisi olan uzmanlar tarafından dijital dönüşüm uygulamalarının inşaat sektörüne katkısının daha az olacağı görülmektedir.




**Şekil 5.13** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun uzamn mesleğine performans değerlendirmesi

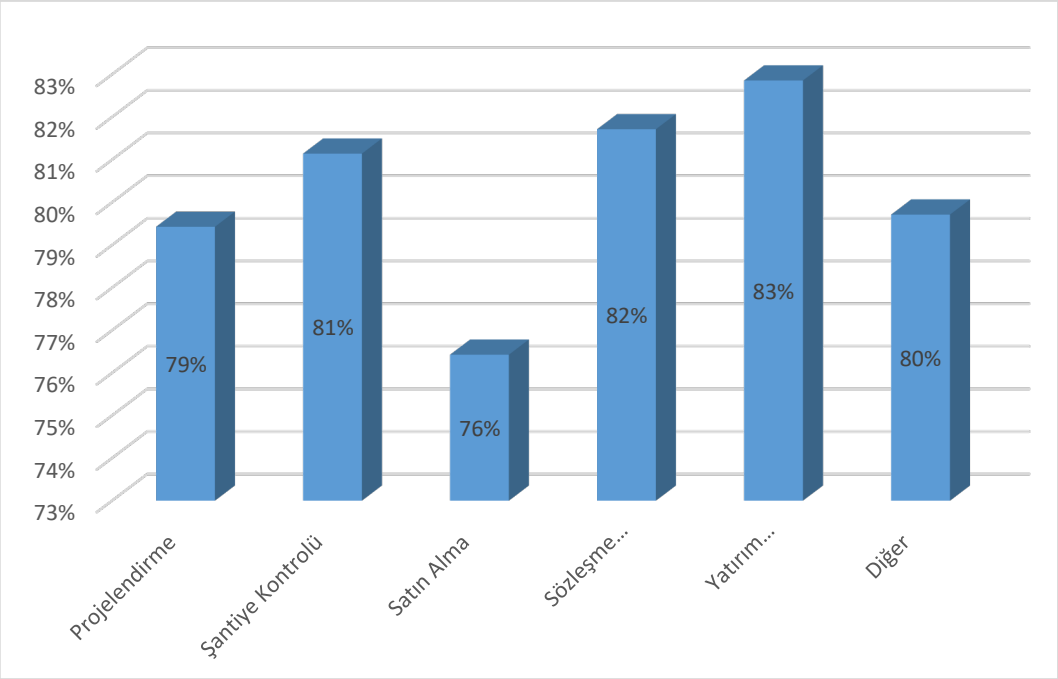
## 5.7 Blok Zinciri ile Dijital Dönüşüm Uygulamaları Entegrasyonunun Önem ve Performansının Uzmanların Temel İş Faaliyetine Göre Değerlendirmesi

Değerlendirmenin bu aşamasında anket sonuçlarından elde edilen veriler, sektör uzmanların temel iş faaliyetlerine göre kategorize edilmiştir. Sektör uzmanlarının temel iş faaliyetleri belirlenip, elde edilen puanlar yüzdelik dilimlerle gösterilmiştir. Anket değerlendirmesine katılmış yatırım geliştirme alanında çalışan uzmanlar, %82 oran ile blok zinciri teknolojisinin inşaat sektörünün dijital dönüşümünde önemli bir yere sahip olduğunu belirtmektedir. Ardından %81 oran ile sözleşme ve hukuki süreçlerle ilgili çalışmalar yapan uzmanlar ön plana çıkmaktadır. (Şekil 5.14). Değerlendirme sonucunda dijital dönüşüm uygulamaları satın alma alanında çalışan uzmanlar tarafından en az seviyede önemli bulunmaktadır.




**Şekil 5.14** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun temel iş faaliyetine göre önem değerlendirmesi

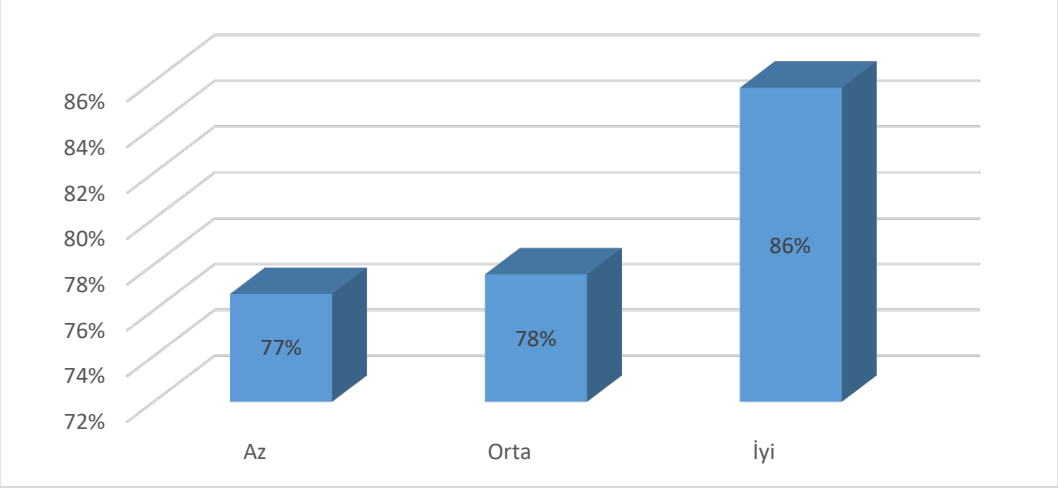
Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründeki dijital dönüşüm uygulamalarındaki entegrasyonu sonucu sağlayacağı potansiyel katkıları değerlendirildiğinde %83 oranla yatırım geliştirme alanında çalışan uzmanlar ve %82 oran ile sözleşme ve hukuki süreçlerde çalışan uzmanların blok zinciri teknolojisinin performansını yüksek bulmaktadır (Şekil 5.15). Değerlendirme sonucunda satın alma alanında çalışan uzmanlar tarafından dijital dönüşüm uygulamalarının inşaat sektörüne katkısının daha az olacağı görülmektedir.




**Şekil 5.15** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun temel iş faaliyetine göre performans değerlendirmesi

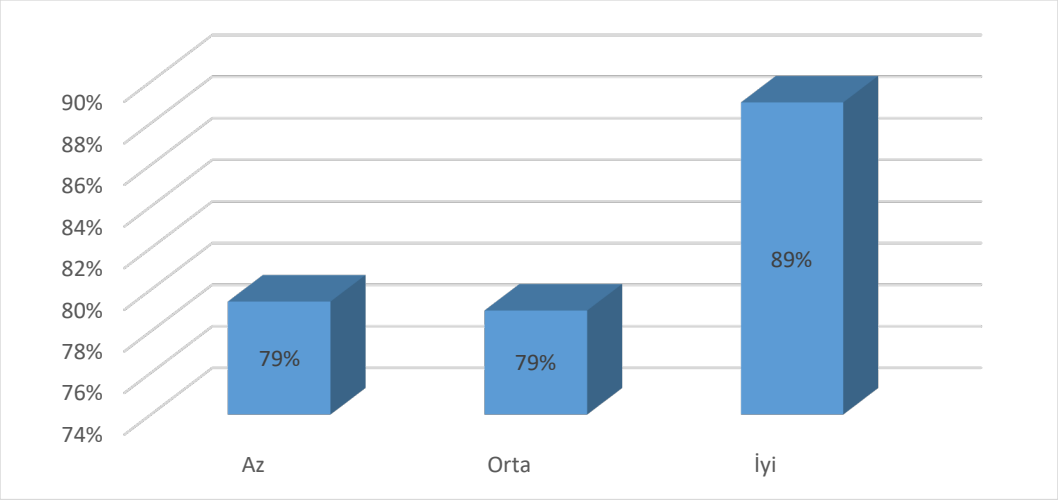
## 5.8 Blok Zinciri ile Dijital Dönüşüm Uygulamaları Entegrasyonunun Önem ve Performansının Blok Zinciri Hakkındaki Bilgi Seviyesine Göre Değerlendirmesi

Değerlendirmenin bu aşamasında anket sonuçlarından elde edilen veriler, sektör uzmanların blok zinciri teknolojisi hakkındaki bilgi seviyesine göre kategorize edilmiştir. Sektör uzmanlarının blok zinciri teknolojisi hakkındaki bilgi seviyesi belirlenmiş olup, elde edilen puanlar yüzdelik dilimlerle gösterilmiştir. Anket değerlendirmesine katılmış blok zinciri hakkında iyi seviyede bilgiye sahip olan uzmanlar, %86 oran ile blok zinciri teknolojisinin inşaat sektörünün dijital dönüşümünde önemli bir yere sahip olduğunu belirtmektedir (Şekil 5.16). Değerlendirme sonucunda dijital dönüşüm uygulamaları blok zinciri hakkında az seviyede bilgiye sahip olan uzmanlar tarafından en az seviyede önemli bulunmaktadır.




**Şekil 5.16** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun blok zinciri teknolojisi hakkındaki bilgi seviyesine göre önem değerlendirmesi

Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründeki dijital dönüşüm uygulamalarındaki entegrasyonu sonucu sağlayacağı potansiyel katkıları değerlendirildiğinde %89 oranla blok zinciri hakkında iyi seviyede bilgiye sahip olan uzmanlar ve %89 oran ile blok zinciri teknolojisinin performansını yüksek bulmaktadır (Şekil 5.17). Değerlendirme sonucunda blok zinciri hakkında az seviyede bilgiye sahip olan uzmanlar tarafından dijital dönüşüm uygulamalarının inşaat sektörüne katkısının daha az olacağı görülmektedir.




**Şekil 5.17** Blok zinciri- inşaat sektörü dijital dönüşüm uygulamaları entegrasyonunun blok zinciri teknolojisi hakkındaki bilgi seviyesine göre performans değerlendirmesi

Çalışmanın bir sonraki bölümünde blok zinciri teknolojisi ve inşaat sektörünün dijital dönüşümü hakkında yapılan araştırmaların sonucu açıklanmıştır. Sektör uzmanlarına yapılan anket sonucunda elde edilen veriler değerlendirilmiş olup, blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründeki potansiyel uygulama alanları ve katkıları hakkında bir sonuca varılmıştır. Anket değerlendirmesinin önem performans analizi ile yorumlanmasıyla elde edile nicel verilerle, literatür taraması ile elde edilen veriler desteklenmiştir.

# 6
# SONUÇ

2019 yılında başlayan pandemiyle birlikte tüm sektörlerdeki operasyonel süreçler, uzaktan çalışma ilkelerinin uygulanması ile çeşitli değişikliklere uğramıştır. Zaman içerisinde bu değişimler sadece hızlanmakla kalmayıp aynı zamanda endüstriler arasında dijital bir dönüşümü beraberinde getirmiştir. Bu dönüşüm, geleneksel iş modellerinin, yerini daha yenilikçi ve teknoloji odaklı modellere bırakmasına neden olmuştur. Karantina dönemlerine ilişkin sınırlamaları kapsayan kısıtlamalar, sektörlerdeki çeşitli uygulamaları ve tedarik zinciri sıkıntılarını tetiklemiştir. Bu zorluklar inşaat sektöründe yeni riskleri ve krizleri beraberinde getirmiştir. İnşaat sektörü bu süreçlerden dolayı kalite, proje süresi ve maliyet konularında zorluklarla boğuşmaktadır. Bu krizlerin ve risklerin üstesinden gelmek için yeni organizasyon yapılarını, yönetim yaklaşımlarını ve dijital dönüşümü benimsemek gereklidir. Dijital teknolojilerin inşaat sektörüne entegrasyonu yalnızca kalite ve verimliliğin artırılmasına yardımcı olmakla kalmamakta, aynı zamanda geleneksel inşaat yöntemlerini de dönüştürmektedir.

İnşaat sektöründe en çok kullanılan dijital dönüşüm uygulamalarından yapı bilgi modellemesi (YBP/BIM), nesnelerin interneti (IoT) ve akıllı sözleşmeler sektöre kalite, zaman ve maliyet alanında katkılar sunabilmektedir. Blok zinciri teknolojisinin bu uygulamalar ile entegrasyonunun sağlanabildiği takdirde, sektör paydaşları arasında sağladığı güven ve şeffaflık ile sektördeki verimliliği ve sürdürülebilirliği arttırdığı görülmektedir. Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektörüne olan entegrasyonunun temelinde blok zinciri teknolojisinin iki yapısal özelliği etkili olmaktadır. Bu iki özellik;

- "Herhangi bir veri depolamak için merkeze sahip olunmaması" ve
- "Zincir sistemine yeni bir veri eklenmesinde kısıtlama olmaması ve mevcut verilerin değiştirilemeden daima var olması" özelliğidir. (Gürbüz,2019)

Yapı bilgi modellemesi uygulamasının blok zinciri teknolojisi ile entegrasyonuyla dijital varlık yönetimi, proje yaşam döngüsü yönetimi, akıllı sözleşmeler ve ödemeler, veri yönetimi ve paylaşımı alanlarında sektöre katkıda bulunacağı ortaya

konulmuştur. Nesnelerin interneti uygulamalarının ise tedarik zinciri yönetimi, veri güvenliği, eşler arası işlemler, erişim kontrolü gizlilik ve enerji verimliliği alanlarında inşaat sektörüne katkıda bulunacağı ortaya konulmuştur. Akıllı sözleşme uygulamalarının ise anlaşmazlık çözümü, kendi kendini yürüten sözleşmeler, risk yönetimi, denetlenebilirlik ve uyumluluk alanlarında inşaat sektörüne katkıda bulunacağı ortaya konulmuştur.

Bu çalışma kapsamında, inşaat sektöründe dijital dönüşüm uygulamalarının, adını son yıllarda çokça duyuran blok zinciri teknolojisi ile entegrasyonunun önemi ve performansı araştırılmıştır. Merkeziyetsizlik ve değiştirilemezlik özellikleri ile ön plana çıkan blok zinciri teknolojisi ve inşaat sektörünün dijital dönüşümü hakkında yapılan çalışmalarda en çok yapı bilgi modellemesi, nesnelerin interneti ve akıllı sözleşmeler uygulamalarına yoğunlaşılmaktadır. İnşaat sektöründe kullanılan bu dijital dönüşüm uygulamaları ile blok zinciri teknolojisinin entegrasyon alanları belirlenmiştir. Belirlenen entegrasyon alanlarının öneminin ve performansının değerlendirilmesi amacıyla anket soruları oluşturulmuştur. Ardından sektör uzmanlarına anket olarak uygulanmıştır. Anket değerlendirmesinin önem performans analizi ile yorumlanmasıyla elde edile nicel verilerle, literatür taraması ile elde edilen veriler desteklenmiştir.

Anket sonucunda elde edilen bulgular neticesinde, blok zinciri teknolojisinin yapı bilgi modellemesi uygulamasına entegrasyonunun önemi ve performansı değerlendirildiğinde, proje yaşam döngüsü yönetimi alanının daha önemli bulunduğu ve daha yüksek performans gösterdiği görülmektedir. Bu bulgular; Aliev ve diğerleri (2020), Arashpour ve diğerleri (2022), Shojaei (2019), Geipel ve Kinnaird (2017), Maciel (2022)'in yaptığı çalışmalarda da belirtildiği üzere, blok zinciri teknolojisinin tasarım ve inşaat süreçlerinden, işletme ve bakım-onarım süreçlerine kadar inşaat varlıklarının tüm yaşam döngüsünün şeffaf ve değiştirilemez bir kaydını sağladığını göstermektedir. Bu bulguların blok zinciri teknolojisi ve yapı bilgi modellemesi hakkında yapılacak bir sonraki araştırmalara proje yaşam döngüsü alanında yön verebileceği görülmektedir. Her ne kadar proje yaşam döngüsü alanındaki katkılar ön plana çıkıyor olsa da blok zinciri teknolojisinin yapı bilgi modellemesi uygulamalarına katkı sağladığı dijital varlık

yönetimi, akıllı sözleşmeler ve ödemeler, veri yönetimi ve paylaşımı alanları azımsanmayacak derecede önemli ve performansı yüksek bulunmuştur.

Blok zinciri teknolojisinin nesnelerin interneti uygulamalarına entegrasyonunun önemi ve performansı değerlendirildiğinde, tedarik zinciri yönetimi alanının hem daha yüksek önem hem daha fazla performans gösterdiği görülmektedir. Bu bulgular; Abaker ve diğerleri (2022), Dilakshan ve diğerleri, (2021); Flood ve diğerleri (2019), Geipel ve Kinnaird (2017), Shojaei (2019), Maciel (2022), Mouha (2021), Saxon (2020)'un yaptığı çalışmalarda da belirtildiği üzere, blok zinciri teknolojisinin inşaat projelerinde kullanılan yapı malzemelerinin hareketini izlemek için kullanılabiliyor olmasının, tedarik zinciri şeffaflığının geliştirilmesine, sahtecilik risklerinin azaltılmasına yardımcı olduğunu göstermektedir. Bu bulguların blok zinciri teknolojisi ve nesnelerin interneti hakkında yapılacak bir sonraki araştırmalara tedarik zinciri yönetimi alanında yön verebileceği görülmektedir. Her ne kadar tedarik zinciri yönetimi alanındaki katkılar ön plana çıkıyor olsa da veri güvenliği, eşler arası işlemler, erişim kontrolü ve gizlilik, enerji verimliliği alanları azımsanmayacak derecede önemli ve performansı yüksek bulunmuştur.

Blok zinciri teknolojisinin akıllı sözleşme uygulamalarına entegrasyonunun önemi ve performansı değerlendirildiğinde anlaşmazlık çözümü alanının hem daha yüksek önem hem daha fazla performans gösterdiği görülmektedir. Bu bulgular; Barima (2017); Flood ve diğerleri (2019); Geipel ve Kinnaird, (2017), Maciel (2022), Salar ve Rifat (2020), Saxon (2020)'un yaptığı çalışmalarda da belirtildiği üzere, blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmelerin, önceden tanımlanmış koşullar karşılanana kadar teminatları, fonları veya varlıkları tutmayı kolaylaştırabiliyor olmasının ve anlaşmazlıkların daha verimli bir şekilde çözülmesine yardımcı olduğunu göstermektedir. Bu bulguların blok zinciri teknolojisi ve akıllı sözleşmeler hakkında yapılacak bir sonraki araştırmalara anlaşmazlık çözümü alanında yön verebileceği görülmektedir. Her ne kadar anlaşmazlık çözümü alanındaki katkılar ön plana çıkıyor olsa da kendi kendini yürüten sözleşmeler, risk yönetimi, denetlenebilirlik ve uyumluluk alanları azımsanmayacak derecede önemli ve performansı yüksek bulunmuştur.

Analiz edilen veriler doğrultusunda, anket uygulanan uzmanlar arasında, inşaat sektöründe 21 yıl ve üzeri değeri deneyime sahip olanların, blok zinciri uygulamalarının inşaat sektörüne entegrasyonu konusunda diğer uzmanlara göre daha pozitif bir yaklaşım sergilediği görülmüştür. Ardından 0-5 yıl deneyim aralığındaki uzmanların takip ettiği görülmektedir. Sektörü daha iyi tanıyan ve analiz etme şansı olan uzmanların, bununla birlikte sektöre henüz yeni adım atmış, yeniliklere daha açık insanların bu teknolojinin sektörde kullanılmasına daha yatkın olduğu görülmektedir. Uzmanların blok zinciri teknolojisi hakkındaki görüşleri; mesleklerine inşaat sektöründeki temel iş faaliyetine ve blok zinciri teknolojisi hakkındaki bilgi birikimlerine göre değişiklik göstermektedir. İnşaat mühendisi ve mimar meslek gruplarıyla birlikte yatırım geliştirme, sözleşme ve hukuki süreçler alanında temel iş faaliyeti olan uzmanlar, diğer meslek gruplarına ve faaliyet alanlarına göre blok zinciri teknolojisinin dijital dönüşüm uygulamalarına entegrasyonunu daha önemli ve performansı yüksek görmektedir. Blok zinciri teknolojisinin değiştirilemezlik ve merkeziyetsizlik yapısının sektöre sağladığı güven, birçok paydaşla olan iletişim ve iş geliştirme süreçlerindeki sağlayacağı potansiyeller ön plana çıkmaktadır.

Blok zinciri teknolojisinin oluşturulduğu zincir yapısı gereği sağladığı şeffaflık ve değiştirilemezlik yapısının ön plana çıktığı görülmektedir. İnşaat sektörünün çok paydaşlı yapısı, paydaşlar arası güven ve iletişimi önemli bir noktaya taşımaktadır. Blok zinciri teknolojisi oluşum doğası gereği, inşaat sektörünün ihtiyaç duyduğu bu özellikleri, yapı bilgi modellemesi, nesnelerin interneti ve akıllı sözleşme uygulamalarına entegrasyonu ile sağlayabileceği ortaya konulmaktadır.

Sektörde blok zinciri teknolojisinin benimsenmesinde zorluklar da yer almıyor değildir. Teknolojik altyapı, sektör çapında iş birliği ve blok zinciri teknolojisi hakkında daha çok bilgi birikimi gerekmektedir. Sektörde blok zinciri teknolojisinin kullanımı ne kadar kısıtlı olsa da sektör uzmanları bu teknolojinin sektöre olan entegrasyonun sağlayacağı katkıların farkındadır. Araştırma kapsamında elde edilen bulgularda açıkça görülmektedir ki, blok zinciri teknolojisi hakkında daha iyi seviyede bilgi birikimi olan uzmanlar, bu teknolojinin inşaata sektörüne sağlayacağı katkıların ve öneminin daha çok farkındadır. Dolayısıyla bu alanda uzmanların yetiştirilmesi hem blok zinciri teknolojisi uygulama alanlarının

geliştirilmesine, hem de inşaat sektörüne katkı sağlanmasında kolaylık sağlayacaktır.

Blok zinciri teknolojisinin inşaat sektöründe önemli bir etkisi bulunmaktadır. İnşaat sektörü, dijital dönüşümün etkisiyle devamlı olarak gelişmektedir. Yapı bilgisi modellemesi, nesnelerin interneti ve akıllı sözleşme uygulamalarının blok zinciri teknolojisi ile entegrasyonu gibi gelişmeler sektörde büyük bir etki oluşturmaktadır. Tüm bu uygulamaların birlikte kullanımı, inşaat sektöründeki süreçleri daha verimli ve sürdürülebilir hale getirerek kaynakların daha iyi kullanılmasını ve proje yönetiminde şeffaflık ve güvenilirliğin artmasını sağlamaktadır. İnşaat sektörü uzmanları bu yenilikçi teknolojiyi benimseyerek sektördeki verimliliği, iş birliğini, şeffaflığı ve güveni artırabilirler. Bu uygulamaların sektör tarafından benimsenmesi hem inşaat sektörüne ve paydaşlarına hem de gelecekte ortaya çıkabilecek ek ihtiyaçlarla blok zinciri teknolojisinin ilerlemesine katkı sağlayacaktır.

# KAYNAKÇA


Abaker, M., Abdelmaboud, A., Ahmed, A.I.A., Albasheer, H., Eisa, T.A.E., Ghorashi, S.A. ve Karim, F.K. (2022). Blockchain for IoT applications: taxonomy, platforms, recent advances, challenges and future research directions, *Electronics*, 11 (4). doi: 10.3390/electronics11040630

Abalo, J., Manzano, V. ve Varela, J. (2007). Importance values for Importance–Performance Analysis: A formula for spreading out values derived from preference rankings. *Journal of Business Research,60(2),* 115-121. doi: 10.1016/j.jbusres.2006.10.009

Ahmadisheykhsarmast, S. ve Sönmez, R. (2020). A smart contract system for security of payment of construction contracts. *Automation in Construction*, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092658052030981X

Ali, O., Ally, M., Clutterbuck ve Dwivedi, Y. (2020). The state of play of blockchain technologyin the financial services sector: a systematic literature review. *International Journal of Information Management, 54.* doi:10.1016/j.ijinfomgt.2020.102199

Aliev, S., Hanitsch, P., Sinenko, S. ve Volovik, M. (2020). The implementation of BIM in construction projects, *Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering 2019, 164.* doi:10.1051/e3sconf /202016408002

Arashpour, M., Gill, P., Heidarpour, A., Hosseinive, M.R. ve Kamat, V. (2022). Computer vision foranatomical analysis of equipment in civil infrastructure projects: theorizing thedevelopment of regression-based deep neural networks, *Automation in Construction*, *137*. doi:10.1016/j.autcon.2022.104193

Arashpour, M., Mahmudnia, D ve Yang, R. (2022). Blockchain in construction management: Applications, advantages and limitations. *Automation in Construction,140*. doi:10.1016/j.autcon.2022.104379

Assan, L., Islam, R. ve Mahmud, S. (2018). Potentials of internet of things (IoT) in Malaysian construction industry, *Annals of Emerging Technologies in Computing, 2 (4),*44-52. doi:10.33166/aetic.2018.04.004

Aydın, N. (2018). *Endüstri 4.0 Dördüncü Sanayi Devrimi*, İksad Publishing House Yayıncılık

Balasubramanian, V., Gondal, I., Stranieri, A. ve Uddin, M.A. (2021). A survey on the adoption of blockchain in IoT: challenges and solutions, *Blockchain: Research and Applications*, *2.* doi: 10.1016/j.bcra.2021.100006

Barima, O. (2017). Leveraging the blockchain technology to improve construction value delivery: the opportunities, benefits and challenges, *Construction Projects*, 93–112. Nova Science Publishers Inc, New York, USA.

Bartolo, H., Bartolo, J.P., Craveiro, F ve Duarte, J.P. (2019). Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: a perspective on construction 4.0. *Automation in Construction*,103, 251–267. doi:10.1016/j.autcon.2019.03.011

Bi, Y., Fu, H.C, Leng, K., Jing, L. ve Van Nieuwenhuyse, I. (2018). Research on agricultural supply chain system with double chain architecture based on blockchain technology. *Future Generation Computer Systems, 86,* 641–649. doi:10.1016/j.future.2018.04.061

Biörck, J., Blanco, J.L., Mischke, J., Ribeirinho, M., Sjödin, E. ve Stube, G. (2020). How construction can emerge stronger after coronavirus. *McKinsey,* https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/how-construction-can-emerge-stronger-after-coronavirus

Bozorgi, P., Eastman, Gho, X., C., Shelden, D. Ve Tang, S. (2019). A review of building information modelling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: present status and future trends, *Automation in Construction*, *101*, 127-139. doi: 10.1016/j.autcon.2019.01.020

Buckley, J., Gear, A. ve Sai, A.,R. (2019). Assessing the security implication of Bitcoin exchange rates. *Computers & Security, 86*, 206-222. doi:10.1016/j.cose.2019.06.007

Buterin, V. (2014). A next-generation smart contract and decentralized application platform. *Computer Science*, https://api.semanticscholar.org /CorpusID:19568665

Constructible (2020). 5 reasons BIM is no longer enough for contractors. https://constructible.trimble.com/construction-industry/5-reasons-bim-is-no-longer-enough-for-contractors

Dilakshan, S., Rathnasinghe, A. ve Seneviratne, L., I. (2021). Potential of internet of things (IoT) in the construction industry. Proceedings of the 9th World Construction Symposium, 15 (1), 447-448. doi: 10.31705/WCS.2021.39

Dinesh, B. (2022). IoT is changing the construction industry. https://www.data sciencecentral.com/iot-in-construction-changing-the-construction-industry

Dosumu, O.S. ve Uwayo, S.M. (2023). Modelling the adoption of Internet of things (IoT) for sustainable construction in a developing economy, *Built Environment Project and Asset Management*, *13*,394-411. doi:10.1108/BEPAM-08-2022-0123

Dounas, T., D., Jabi ve Lombardi, W. (2021). Framework for decentralised architectural design BIM and Blockchain integration. *International Journal of Architectural Computing*. *19,* 157–173. doi: 10.1177/1478077120963376

Flood, I., Hatami,M., Moud, H.I., Shojaei, A. ve M., Kinnaird, C. (2019). An implementation of smart contracts by integrating BIM and Blockchain. *Proceedings of the Future Technologies Conference,2,* https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-32523-7_36

Geipel, M. ve Kinnaird, C. (2017). Blockchain technology:how the inventions behind Bitcoin are enabling a network of trust for the built environment. *Arup,* https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/-blockchain-technology

Guo, Y.J., Liu, R.P., Ni, W., Niu, X., Wang, X., Zha, X. ve Zheng, K. (2019) Survey on blockchain for internet of things, *Computer Communications, 136*,10–29. doi:10.1016/j.comcom.2019.01.006

Gürbüz, A. (2019). Blockchain applications in structural engineering. *Dergipark, 1(1),* 26-31, https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/817359.

Henry, J., Mukhopadhyay, S., Tang, S., ve Yap, M.H. (2021). A randomised control trial for measuring student engagement through the Internet of Things and serious games, *Internet of Things*, *13*. doi:10.1016/j.iot.2020.100332

Kim, K., Kim, S. Ve Lee, G. (2020). A study on the application of Blockchain technology in the construction industry. *KSCE Journal of Civil Engineering, 24,* 2561–2571. doi:10.1007/s12205-020-0188-x

Koelaman, J., Ribeirinho, M., Rockhill, D., Sjödin, E. ve Stube, G. (2019) Decoding digital transformation in construction. *Mckinsey,* https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/decoding-digital-transformation-in-construction#/

Maciel, A. (2022). Distributed information & BIM total lifecycle. *Construction Blockchain Consortium (CBC) – 2022 White Papers Series,* https://static1.squarespace.com/static/58b6047520099e545622d498/t/646bde9ab616b05aa17863c3/1684790948459/%5BCURRENT%5DCBC-WP_D-BIM.pdf

Martilla, J.A ve James, J.C. (1977). Importance-Performance Analysis, *Journal of Marketing, 41(1),*77-79. doi:10.2307/1250495

Mouha, R.A. (2021), Internet of things (IoT). *Journal of Data Analysis and Information Processing*, *9*, 77-101. doi:10.4236/jdaip.2021.92006.

Perez, S.P., Philbin, P.B., Zhang, J. ve Zhang, M. (2023). New perspective to evaluate the antecedent path of adoption of digital technologies in major projects of construction industry: A case study in China, *Developments in the Built Environment, 14.* doi:10.1016/j.dibe.2023.100160

Salar, A.ve Sönmez, R. (2020). A smart contract system for security of payment of construction contracts. *Automation in Construction*, 120. doi:10.1016/j.autcon.2020.103401

Salter, D.N. (2016). *Bitcoin: how can a virtual currency attain real market value*, Lulu Press Inc.

Saxon, R. (2022). Blockchain & construction cash flow. *Construction Blockchain Consortium (CBC) – 2022 White Papers Series,* https://static1.squarespace.com/static/58b6047520099e545622d498/t/5fdb6089ad5a0604f7feaf5e/1608212649913/CBC2020-WP1_Cashflow.pdf

Sever, I. (2015). Importance-performance analysis: A valid management tool?, *Tourism Management,48.* doi:/10.1016/j.tourman.2014.10.022

Shojaei, A. (2019). c, *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*. doi:10.14455/ISEC.res.2019.78

Sondh, K. (2021). In the fifth industrial revolution, creativity must meet technology, *Oxfords Economics*, https://www.oxfordeconomics.com/resource/in-the-5th-industrial-revolution-creativity-must-meet-technology/

Turk, Z. (2021). Structured analysis of ICT adoption in the European construction industry.*International Journal of Construction Management,*1-7. doi:10.1080/15623599.2021.1925396

Walters, A. (2019). National Digital Twin Programme. WWW Document, https://www.cdbb.cam.ac.uk/what-we-do/national-digital-twin-programme (accessed 9.6.21).

Whyte, J.ve Levitt, R. (2011). Information management and the management of projects. *The Oxford Handbook of Project Management Oxford University Press*, *15*, 365–388. doi:10.1093/oxfordhb/9780199563142.003.0016

# A
# ANKET ÇALIŞMASI: İNŞAAT SEKTÖRÜNDE BLOK ZİNCİRİ(BLOCKCHAİN) UYGULAMALARI

Bu anket formu, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümü “Konut Üretimi ve Yapım Yönetimi” tezli yüksek lisans programı kapsamında yürütülen “İnşaat Sektöründe Dijital Dönüşüm: Blok Zinciri Teknolojisinin Entegrasyonu" başlıklı yüksek lisans çalışmasının araştırma konusu ile ilgilidir.

Tüm sektörlerde olduğu gibi, inşaat sektörü de dijital dönüşümün bir parçası olmuştur. Dijital dönüşümde önemli bir yeri olan Blok zinciri (Blockchain) teknolojisi, inşaat sektöründe Bilgi Modellemesi (BIM), Nesnelerin İnterneti (IoT) ve Akıllı sözleşmelerle entegre edilerek, inşaat sektörüne önemli faydalar elde edilebilir. Bu anketin amacı İnşaat sektöründe Blok zinciri teknolojisinin uygulamaları ile ilgili bir Önem-Performans Analizi yapmaktır.

Anketi oluşturan soruları cevaplamak 10 dakikanızı alacaktır. Anketin hiçbir bölümünde sizi ve kurumunuzu tanımlayacak özel bir bilgi istenmemektedir. Elde edilecek veriler KESİNLİKLE GİZLİ tutulacak, sadece akademik çalışmamıza veri sağlamak amacı ile kullanılacaktır. İstenildiği takdirde sonuçlar araştırmamıza katılan kişilere genel bir rapor şeklinde bildirilecektir.

- Anketi dolduran kişinin inşaat sektöründe mesleki tanımı (çoktan seçmeli)

☐ Mimar

☐ İnşaat Mühendisi

☐ Elektrik Elektronik Mühendisi

☐ Makine Mühendisi

☐ Diğer…

- Anketi dolduran kişinin inşaat sektöründeki rolü (çoktan seçmeli)

☐ Projelendirme
☐ Şantiye Kontrolü
☐ Satın Alma
☐ Sözleşme/Hukuki Süreçler
☐ Yatırım Geliştirme
☐ Diğer

- Anketi dolduran kişinin inşaat sektöründeki mesleki deneyimi (çoktan seçmeli)

☐ 0-5 yıl
☐ 6-10 yıl
☐ 11-15 yıl
☐ 16-20 yıl

- Anketi dolduran kişinin çalıştığı kurumun temel iş faaliyeti (çoktan seçmeli)

☐ Ana yüklenici/Alt yüklenici
☐ Müşteri/ Yatırım Geliştirici
☐ Kamu Kuruluşu
☐ Danışmanlık Hizmeti
☐ Akademik/araştırma kurumu
☐ Üretici/ Tedarikçi
☐ Diğer

- Anketi dolduran kişinin Blok zinciri teknolojisi ile ilgili bilgi seviyesi (çoktan seçmeli)

☐ İyi
☐ Orta
☐ Az

Anketin bu aşamasında blok zinciri teknolojisinin Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) teknolojisi ile ilgili uygulamalarının önemi analiz edilmesi hedeflenmektedir. Sorularda verilen önermeler, araştırmalar doğrultusunda elde edilmiş çıktılardır. Ankette, bu çıktıların sektör için önemi değerlendirilmelidir.

- Blok zinciri tekonolojisi, 3B modeller, tasarım dosyaları ve belgeler dahil olmak üzere BIM ortamındaki dijital varlıkları yönetmek için kullanılabilir. Bu varlıkların orjinalliğini, bütünlüğünü ve izlenebilirliğini sağlayarak, fikri mülkiyet haklarının korunmasını ve denetimi kolaylaştırır.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli
- Blok zinciri teknolojisi, BIM verilerini proje paydaşları arasında yönetmek ve paylaşmak için güvenli ve merkezi olmayan bir platform sağlayabilir. Gerçek zamanlı iş birliğine izin vererek veri kaybı veya manipülasyon riskini azaltarak, veri bütünlüğü, süreç kontrolü ve izlenebilirliği sağlar.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli
- Blok zinciri teknolojisi, tasarım ve inşaat sürecinden, işletme ve bakım-onarım süreçlerine kadar inşaat varlıklarının tüm yaşam döngüsünün şeffaf ve değiştirilemez bir kaydını sağlayabilir. Bu durum, daha iyi bir takip süreci, bakım planlaması ve süreç optimizasyonu sağlar.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli
- Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, BIM modelinde önceden tanımlanmış koşullara dayalı olarak ödeme süreçlerini otomatikleştirebilir. Bu durum, manuel faturalama ihtiyacını ortadan kaldırarak verimliliği artırır ve ödeme anlaşmazlıklarını azaltır.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli

Anketin bu aşamasında blok zinciri teknolojisinin Nesnelerin İnterneti(IoT) ile ilgili uygulamalarının önemi analiz edilmesi hedeflenmektedir. Sorularda verilen önermeler, araştırmalar doğrultusunda elde edilmiş çıktılardır. Ankette, bu çıktıların sektör için önemi değerlendirilmelidir.

- Blok zinciri teknolojisi, IoT cihazları tarafından üretilen verileri depolamak için merkezi olmayan ve değiştirilmeye karşı korumalı bir defter sağlayarak IoT verilerinin bütünlüğünü ve güvenliğini sağlayabilir. Bu durum, çeşitli IoT sensörlerinden ve cihazlarından toplanan verilerde güven ve özgünlük oluşturmaya yardımcı olur.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli
- Blok zinciri teknolojisi, IoT cihazları arasında doğrudan eşler arası işlemleri mümkün kılarak aracılara olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Bu durum, cihazdan cihaza iletişim, otomatik ödemeler ve tedarik zinciri etkileşimleri gibi süreçleri kolaylaştırabilir.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli
- Blok zinciri teknolojisi, IoT cihazları için erişim kontrolünü ve izinleri yönetmek için kullanılabilir. Bu durum, yalnızca yetkili kullanıcıların cihazlara ve verilerine erişebilmesini ve bunlarla etkileşim kurabilmesini sağlar.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli
- Blok zinciri teknolojisinin merkezi olmayan doğası, merkezi sunuculara olan bağımlılığı azaltarak, enerji açısından daha verimli IoT ağları sağlayabilir.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli
- Blok zinciri teknolojisi, inşaat projelerinde kullanılan yapı malzemelerinin, hareketini izlemek için kullanılabilir. Bu, tedarik zinciri şeffaflığının geliştirilmesine, sahtecilik risklerinin azaltılmasına yardımcı olur.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli

Anketin bu aşamasında blok zinciri teknolojisinin Akıllı sözleşmeler ile ilgili uygulamalarının önemi analiz edilmesi hedeflenmektedir. Sorularda verilen önermeler, araştırmalar doğrultusunda elde edilmiş çıktılardır. Ankette, bu çıktıların sektör için önemi değerlendirilmelidir.

- Blok zinciri teknolojisinin şeffaf ve denetlenebilir doğası, sözleşme yönetiminde yasal uyumluluğu basitleştirebilir. Akıllı sözleşmeler, uyumluluk gereksinimlerini otomatik olarak uygulayabilir, değişiklikleri izleyebilir ve denetlenebilir bir sözleşme yürütme süreci sağlayabilir.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli
- Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, proje risklerini yönetmek için önceden tanımlanmış koşulları içerebilir. Akıllı sözleşmelere önceden tanımlanmış olaylara veya koşullara göre talepleri otomatik olarak gerçekleştirerek risk yönetimine katkıda bulunur.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli
- Blok zinciri teknolojisi, akıllı sözleşmeleri depolamak için güvenli ve değiştirilemez bir platform sağlar. Blok zincirine yerleştirildikten sonra, akıllı sözleşmeler değiştirilemez, bu durum, sözleşme yürütmede şeffaflık ve güven sağlar.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli
- Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, önceden tanımlanmış koşullar karşılanana kadar teminatları, fonları veya varlıkları tutmayı kolaylaştırabilir. Anlaşmazlık durumunda, Blok zinciri teknolojisinin şeffaf ve denetlenebilir doğası, anlaşmazlıkların daha verimli bir şekilde çözülmesine yardımcı olabilir.

  Önemsiz 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Önemli

Anketin bu aşamasında blok zinciri teknolojisinin Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) teknolojisi ile ilgili uygulamalarının performansı, sektöre olan potansiyel faydası analiz edilmesi hedeflenmektedir. Sorularda verilen önermeler, araştırmalar doğrultusunda elde edilmiş çıktılardır. Ankette, bu çıktıların sektör için faydası değerlendirilmelidir.

- Blok zinciri tekonolojisi, 3B modeller, tasarım dosyaları ve belgeler dahil olmak üzere BIM ortamındaki dijital varlıkları yönetmek için kullanılabilir. Bu varlıkların orjinalliğini, bütünlüğünü ve izlenebilirliğini sağlayarak, fikri mülkiyet haklarının korunmasını ve denetimi kolaylaştırır.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı

- Blok zinciri teknolojisi, BIM verilerini proje paydaşları arasında yönetmek ve paylaşmak için güvenli ve merkezi olmayan bir platform sağlayabilir. Gerçek zamanlı işbirliğine izin vererek veri kaybı veya manipülasyon riskini azaltarak, veri bütünlüğü, süreç kontrolü ve izlenebilirliği sağlar.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı

- Blok zinciri teknolojisi, tasarım ve inşaat sürecinden, işletme ve bakım-onarım süreçlerine kadar inşaat varlıklarının tüm yaşam döngüsünün şeffaf ve değiştirilemez bir kaydını sağlayabilir. Bu durum, daha iyi bir takip süreci, bakım planlaması ve süreç optimizasyonu sağlar.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı

- Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, BIM modelinde önceden tanımlanmış koşullara dayalı olarak ödeme süreçlerini otomatikleştirebilir. Bu durum, manuel faturalama ihtiyacını ortadan kaldırarak verimliliği artırır ve ödeme anlaşmazlıklarını azaltır.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı

Anketin bu aşamasında blok zinciri teknolojisinin Nesnelerin İnterneti (IoT) ile ilgili uygulamalarının performansı, sektöre olan faydası analiz edilmesi hedeflenmektedir. Sorularda verilen önermeler, araştırmalar doğrultusunda elde edilmiş çıktılardır. Ankette, bu çıktıların sektör için faydası değerlendirilmelidir.

- Blok zinciri teknolojisi, IoT cihazları tarafından üretilen verileri depolamak için merkezi olmayan ve değiştirilmeye karşı korumalı bir defter sağlayarak IoT verilerinin bütünlüğünü ve güvenliğini sağlayabilir. Bu durum, çeşitli IoT sensörlerinden ve cihazlarından toplanan verilerde güven ve özgünlük oluşturmaya yardımcı olur.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı
- Blok zinciri teknolojisi, IoT cihazları arasında doğrudan eşler arası işlemleri mümkün kılarak aracılara olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Bu durum, cihazdan cihaza iletişim, otomatik ödemeler ve tedarik zinciri etkileşimleri gibi süreçleri kolaylaştırabilir.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı
- Blok zinciri teknolojisi, IoT cihazları için erişim kontrolünü ve izinleri yönetmek için kullanılabilir. Bu durum, yalnızca yetkili kullanıcıların cihazlara ve verilerine erişebilmesini ve bunlarla etkileşim kurabilmesini sağlar.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı
- Blok zinciri teknolojisinin merkezi olmayan doğası, merkezi sunuculara olan bağımlılığı azaltarak, enerji açısından daha verimli IoT ağları sağlayabilir.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı
- Blok zinciri teknolojisi, inşaat projelerinde kullanılan yapı malzemelerinin, hareketini izlemek için kullanılabilir. Bu, tedarik zinciri şeffaflığının geliştirilmesine, sahtecilik risklerinin azaltılmasına yardımcı olur.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı

Anketin bu aşamasında Blok zinciri teknolojisinin Akıllı sözleşmeler ile ilgili uygulamalarının performansı, sektöre olan faydası analiz edilmesi hedeflenmektedir. Sorularda verilen önermeler, araştırmalar doğrultusunda elde edilmiş çıktılardır. Ankette, bu çıktıların sektör için faydası değerlendirilmelidir.

- Blok zinciri teknolojisinin şeffaf ve denetlenebilir doğası, sözleşme yönetiminde yasal uyumluluğu basitleştirebilir. Akıllı sözleşmeler, uyumluluk gereksinimlerini otomatik olarak uygulayabilir, değişiklikleri izleyebilir ve denetlenebilir bir sözleşme yürütme süreci sağlayabilir.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı
- Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, proje risklerini yönetmek için önceden tanımlanmış koşulları içerebilir. Akıllı sözleşmelere önceden tanımlanmış olaylara veya koşullara göre talepleri otomatik olarak gerçekleştirerek risk yönetimine katkıda bulunur.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı
- Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, önceden tanımlanmış koşullar karşılanana kadar teminatları, fonları veya varlıkları tutmayı kolaylaştırabilir. Anlaşmazlık durumunda, Blok zinciri teknolojisinin şeffaf ve denetlenebilir doğası, anlaşmazlıkların daha verimli bir şekilde çözülmesine yardımcı olabilir.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı
- Blok zinciri tabanlı akıllı sözleşmeler, önceden tanımlanmış koşullar karşılanana kadar teminatları, fonları veya varlıkları tutmayı kolaylaştırabilir. Anlaşmazlık durumunda, Blok zinciri teknolojisinin şeffaf ve denetlenebilir doğası, anlaşmazlıkların daha verimli bir şekilde çözülmesine yardımcı olabilir.

  Faydasız 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ Faydalı

- İnşaat sektöründe blok zinciri uygulamalarına dair belirtilen alanlar dışında eklemek istediğiniz bir uygulama alanı var mıdır? Varsa, bu alanın sektör üzerindeki önemi ve faydasını belirtiniz. (Açık Uçlu Soru)
- Daha önceden, kendi projelerinizde blok zinciri teknolojisinden faydalandınız mı? Eğer faydalandıysanız deneyimlerinizi paylaşmanızı rica ederiz. (Açık Uçlu Soru)
- İnşaat Sektöründe Blok Zinciri (Blockchain) Uygulamaları- İlave Yorumlar (Açık Uçlu Soru)

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

| | |
|---|---|
| Adı Soyadı | Berkay Hocaoğlu |
| Yabancı Dili | İngilizce |

## ÖĞRENİM DURUMU

| Derece | Alan | Okul/Üniversite | Yıl |
|---|---|---|---|
| Y.Lisans | Mimarlık | Yıldız Teknik Üniversitesi | 2021- |
| Lisans | Mimarlık | İstanbul Teknik Üniversitesi | 2015-2020 |
| Lise | Fen-Matematik | Bursa Anadolu Lisesi | 2011-2015 |

## İŞ TECRÜBESİ

| Yıl | Firma/Kurum | Görevi |
|---|---|---|
| 2024- | Mars Sportif A.Ş. | Proje Tasarım ve Geliştirme Yöneticisi |
| 2022-2024 | Mars Sportif A.Ş. | Proje Tasarım ve Geliştirme Uzmanı |
| 2020-2021 | SP\|Architects | Konsept Tasarım Mimarı |

# TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

**Konferans Bildirileri**

**1**. Hocaoglu, B., Yöres, F.Ç. (2022). İnşaat sektöründe blok zinciri teknolojisinin yapı bilgi modellemesi uygulamalarında kullanımı. *12. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi Bildiri Kitabı,* 200-207.