SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SELÇUK
ÜNİVERSİTESİ

T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK İHALELER İÇİN AKILLI SÖZLEŞME UYGULAMASI

Mehmet YÜCEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2024
KONYA

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Mehmet YÜCEL

Tarih: 29.08.2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK İHALELER İÇİN AKILLI SÖZLEŞME UYGULAMASI

Mehmet YÜCEL

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU

2024, 106 Sayfa

Jüri
Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali ANADOL
Dr. Öğr. Üyesi Sema SERVİ

Dünyada teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak birçok alanda önemli ilerlemeler kaydedilmektedir. Bu yeni alanlardan birisi de blokzincir teknolojisidir. Blokzincir, merkezi bir yönetim müdahalesine gerek duyulmadan yapılan işlemlerin kaydedilmesini ve izlenmesini sağlayan, güvenli ve değiştirilemez bir dağıtık defter teknolojisi olup 2008 yılından itibaren insanlık tarafından ilgiyle takip edilmeye başlanmıştır. Blokzincir teknolojisi, güvenilir ve şeffaf altyapısıyla teknoloji dünyasında ilgi odağı olmuştur. Blokzincir teknolojisinde çalışan akıllı sözleşmeleri de içeren merkeziyetsiz uygulamalar birçok alanda hayatımızı hızla değiştirmeye başladı. Akıllı sözleşmeler sayesinde birçok işlem otonom gerçekleşmektedir. Akıllı sözleşmeler, bilişim teknolojileri alanında devrimsel değişiklik potansiyelini artırmaktadır. Akıllı sözleşmeler kodlanırken en çok tercih edilen dillerin başında Rust yazılım dili gelmektedir. Rust programlama dili blokzincir altyapısında uygulamalar ve akıllı sözleşmeler geliştirmek için kullanılabilen ve yazılımcılar tarafından sevilen esnek bir sistem programlama dilidir. Yüksek optimizasyona ve düşük enerji tüketimine sahip bir dildir. Bu tezde Rust kodlama dili kullanılarak akıllı sözleşme uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Kurumlarda ihale sisteminin şeffaflığını ve güvenilirliğini artırmak için blokzincir üzerinde çalışan akıllı sözleşmeler ile ihale sisteminin yeniden tasarlanması önem arz etmektedir. Kamu hizmetlerinin blokzincir altyapısını kullanarak yeniden tasarlanması ve uygulamaya geçirilmesi ve dijital dönüşüme uyarlanması ülke yararınadır. Bu tezde geleneksel ihale sisteminin karşılaştığı sorunlar ve blokzincir teknolojilerinin bu sorunlara nasıl çözümler üreteceği anlatılmıştır. Solana blokzincir platformu altyapısında çalışan Anchor çerçevesi kullanılarak Rust programlama dili ile ihaleler için akıllı sözleşme uygulaması önerilmiştir. Önerilen uygulama ihale akıllı sözleşmesinde yapılan testlerde, 3 test ihalesi açılmıştır. 1.ihaleye 10 teklif. 2.ihaleye 15 teklif. 3.ihaleye 20 teklif verilmiştir. 3 ihalede de en yüksek teklifi veren hesapların kazandığı görülmüştür. Uygulamadaki çizelgeler ve şemalar genel şablon olarak hazırlanmıştır. Gelecekteki teknolojik yenilikler çerçevesinde güncelleme yapılmasına imkân tanımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı sözleşme, Blokzincir, Dağıtık ağ, Rust, Solana

ABSTRACT

MS THESIS

SMART CONTRACT IMPLEMENTATION FOR TENDERS USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

Mehmet YÜCEL

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN COMPUTER ENGINEERING

Advisor: Asst. Prof. Dr. Hakan TERZİOĞLU
2024, 106 Pages

Jury
Asst. Prof. Dr. Hakan TERZİOĞLU
Asst. Prof. Dr. Mehmet Ali ANADOL
Asst. Prof. Dr. Sema SERVİ

As a result of technological developments in the world, significant progress is being made in many areas. One of these new areas is blockchain technology. Blockchain is a secure and immutable distributed ledger technology that enables the recording and monitoring of transactions made without the need for a central management intervention, and it has been followed with interest by humanity since 2008. Blockchain technology has been the center of attention in the technology world with its reliable and transparent infrastructure. Decentralized applications, including smart contracts running on blockchain technology, have started to rapidly change our lives in many areas. Thanks to smart contracts, many transactions take place autonomously. Smart contracts increase the potential for revolutionary change in the field of information technology. Rust software language is one of the most preferred languages when coding smart contracts. The Rust programming language is a flexible system programming language that can be used to develop applications and smart contracts on blockchain infrastructure and is loved by software developers. It is a language with high optimization and low energy consumption. In this thesis, smart contract implementation was carried out using the Rust coding language.

In order to increase the transparency and reliability of the procurement system in institutions, it is important to redesign the procurement system with smart contracts running on the blockchain. It is in the interest of the country to redesign and implement public services using blockchain infrastructure and adapt them to digital transformation. In this thesis, the problems faced by the traditional procurement system and how blockchain technologies will produce solutions to these problems are explained. Using the Anchor framework running on the Solana blockchain platform infrastructure, a smart contract application for auctions with the Rust programming language has been proposed. In the tests carried out in the proposed application tender smart contract, 3 test tenders were opened. 1.10 bids to the tender. 2.15 bids to the tender. 20 bids were submitted for the 3rd tender. It was seen that the accounts with the highest bids won in all 3 tenders. The charts and diagrams in the application have been prepared as general templates. It allows updates to be made within the framework of future technological innovations.

Keywords: Blockchain, Distributed network, Rust, Smart contract, Solana

ÖNSÖZ

Beni bu günlere getiren maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan babama, anneme ve kardeşlerime minnettarım. Tecrübesini ve manevi desteğini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Hakan TERZİOĞLU'na, tez savunmasında eleştirileri ve tavsiyeleri ile tezin iyileşmesine katkıda bulunan jüri üyeleri Dr. Mehmet Ali ANADOL ve Dr. Sema SERVİ'ye çok teşekkür ederim.

Mehmet YÜCEL
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

SİMGELER VE KISALTMALAR

AI:	Artificial İntelligence (Yapay Zekâ)
DAO:	Decentralized Autonomous Organization (Merkeziyetsiz Otonom Kuruluş)
DApp:	Decentralized Application (Merkeziyetsiz Uygulamalar)
DeFi:	Decentralized Finance (Merkeziyetsiz finans)
DLT:	Distributed Ledger Technology (Dağıtılmış Defter Teknolojisi)
DPoS:	Delegated Proof of Stake (Delege Edilmiş Hisse Kanıtı)
EKAP:	Elektronik Kamu Alımları Platformu
EVM:	Ethereum Virtual Machine (Ethereum Sanal Makine)
IoMT:	Internet of Medical Things (Medikal Nesnelerin İnterneti)
IoT:	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
KİK:	Kamu İhale Kurumu
KYC:	Know Your Customer (Müşterini Tanı)
NFT:	Non-Fungible Token (Takas Edilemez Token)
P2P:	Peer-to-Peer (Eşler Arası)
PoA:	Proof of Authority (Yetki İspatı)
PoA:	Proof of Authority (Yetki Kanıtı)
PoH:	Proof of History (Tarih Kanıtı)
PoH:	Proof of History (Tarih Kanıtı)
PoS:	Proof of Stake (Hisse Kanıtı)
PoW:	Proof of Work (İş Kanıtı)
SHA:	Secure Hash Algorithm (Güvenli Özet fonksiyon Algoritması)
ZKP:	Zero Knowledge Proof (Sıfır Bilgi İspatı)

1. GİRİŞ

Blokzincir teknolojileri, merkeziyetsiz dijital veri tabanı teknolojisi olarak da bilinen ve merkezi olmayan bir veri tabanı yönetim sistemi olarak işlev gören bir yapıdır. Bu yapı, verilerin güvenlikli ve şeffaf bir biçimde depolanmasını, doğrulanmasını ve paylaşılmasını sağlar. Blokzincir'in temel avantajları arasında güvenlik, şeffaflık, veri bütünlüğü ve aracısız yapı bulunmaktadır. Blokzincir, dijital dağıtık bir veri tabanıdır. Akıllı sözleşmeler ise bu blokzincir teknolojileri üzerinde çalışan programlardır (Buterin, 2013).

Geleceğin dijital altyapısının inşasında, blokzincir ve akıllı sözleşme teknolojilerinin önemini giderek artırması ve daha fazla benimsenmesi beklenmektedir. Bu teknolojilerin potansiyelini keşfetmek ve de etkili bir biçimde kullanmak, iş dünyasında ve toplumda büyük bir değişimi beraberinde getirebilecektir. Blokzincir ve akıllı sözleşme teknolojileri, iş yapma ve de çalışma şekillerimizi kökten değiştirebilecek önemli teknolojilerdir (Iansiti ve Lakhani, 2017). Blokzincir, dijital bilgilerin ağda kaydedilmesine ve dağıtılmasına imkân sağlamaktadır. Blokzincir, her işlemin bir dizi blok olarak toplandığı halka açık kayıtlar gibidir. Blokzincir kriptografi ve dağıtılmış sistemler kavramına dayanmaktadır. Birbirini takip eden her blok, onun özet fonksiyon (hash) değerini saklar (Preneel, 1994; Preneel ve ark., 1994).

Gelişen blokzincir teknolojileri insanların teknolojik ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik büyük ilerleme kaydetmektedir. Satoshi Nakamoto takma isimli biri ya da birileri tarafından 2008 yılında makalesi yayınlanan Bitcoin, 2009 tarihinde ilk transferi gerçekleştirilen kripto para birimidir (Nakamoto, 2008b). İlk ortaya çıktığından beri artan ilgiye rağmen, devletler tarafından yasal düzenlemeleri henüz tamamlanmamış blokzincir teknolojisidir. Birçok kişi için blokzincir teknolojisinin en ünlü uygulaması bitcoin benzeri kripto paralar olmuştur (Hall ve Antonopoulos, 2015). Ancak blokzincir'in potansiyeli sadece kripto paralarla sınırlandırılamaz. Blokzincir, her türlü veri ve dijital varlıkların güvenli bir şekilde depolanmasını, izlenmesini ve transferini mümkün kılmaktadır (Don Tapscott, 2016). Bu durum, finans tedarik zinciri (Iansiti ve Lakhani, 2017), sağlık hizmetleri (Azaria ve ark., 2016), gayrimenkul (Sklaroff, 2017), oy verme sistemleri gibi birçok sektörü etkileyebileceği anlamına gelmektedir. Hem devletler hem de özel kurumlar tarafından takip edilen blokzincir teknolojisi, birçok sektörü derinden etkilemesi beklenmektedir. Günümüzdeki farklı iş kollarının

değişmesine kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir. Devrimsel bir teknoloji denilebilmektedir.

Akıllı sözleşme yazılımları blokzincir teknolojisinin önemli bir uygulama alanını oluşturmaktadır. Akıllı sözleşmeler, kodlanmış koşullara bağlı olarak otomatik olarak çalışan ve işlem yapan dijital sözleşmelerdir. Bu sözleşmeler, geleneksel sözleşmelerin yerini alarak, güvenilir ve etkin bir şekilde işlem yapılmasını sağlayacaktır.

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Blokzincir ve akıllı sözleşme teknolojileri, son yıllarda giderek artan bir ilgi ve önem kazanmıştır. Bu yenilikçi teknolojiler, geleneksel iş modellerinin dönüşümü ve dijitalleşmesi sürecine önemli katkılarda bulunabilecek büyük potansiyele sahip olması beklenmektedir. Blokzincir ve akıllı sözleşme teknolojileri güvenlik, şeffaflık ve verimlilik gibi birçok avantajı beraberinde getirmektedir. Birçok sektörde büyük değişim meydana getirme potansiyeli taşımaktadır. Ancak blokzincir teknolojisinin sınırlamaları ve uygulama zorlukları bulunmaktadır. Bu nedenle blokzincir'in ve akıllı sözleşmelerin ilerlemesi için daha fazla araştırma, düzenleyici çerçeveler ve kabul süreci, gerekmektedir (Don Tapscott, 2016). Bu çalışmanın amacı blokzincir ve akıllı sözleşme teknolojilerinin sağladığı avantajları ile Solona ekosisteminde Rust kullanarak nasıl akıllı sözleşme geliştirilebileceğini incelemektir.

Tez aşağıdaki alt başlıkları inceleyecektir:

- Blokzincir
- Akıllı sözleşmeler
- Solana ve Anchor
- Rust programlama dili
- Rust ile solana akıllı sözleşmeleri geliştirme
- Rust'ın solana ekosisteminde akıllı sözleşme geliştirme için uygunluğu

Tezin amacı, Solana platformu üzerinde Rust programlama dili ve Anchor altyapısı kullanılarak akıllı sözleşme geliştirmenin mümkün olup olmadığını araştırmaktır.

Tez aşağıdaki sorulara cevap verecektir:

- Blokzincir ve akıllı sözleşme teknolojileri nedir ve neden önemlidir?
- Solana platformunda nedir ve hangi avantajlar sunar?
- Rust programlama dili nedir ve akıllı sözleşme geliştirme için uygun bir dil midir?
- Rust ile Solana platformunda Anchor altyapısını kullanarak akıllı sözleşme nasıl geliştirilir?

Tez aşağıdaki konuları kapsamayacaktır:

- Gelişmiş akıllı sözleşme geliştirme teknikleri
- Güvenlik ve denetim
- Akıllı sözleşmelerin yasal yönleri

Blokzincir ve akıllı sözleşme teknolojileri, birçok sektörde devrim yaratma potansiyeline sahip yeni ve heyecan verici teknolojilerdir. Solana platformu performanslı, ucuz ve ölçeklenebilir bir blokzincir teknolojileri platformudur. Rust, güvenli ve bellek açısından verimli bir programlama dilidir. Bu tez Rust programlama dilini kullanarak Solana altyapısı üzerinde akıllı sözleşme geliştirmenin mümkün olup olmadığını araştırarak bu alandaki bilgi boşluğunu doldurmayı amaçlamaktadır.

Blokzincir ve akıllı sözleşme yazılım teknolojilerinin önemi:

Blokzincir'in ve akıllı sözleşmelerin önemi, birçok endüstride ve sektörde görülen potansiyel etkilerinden kaynaklanmaktadır. Finansal hizmetlerden sağlık sektörüne, tedarik zincirinden gayrimenkul yönetimine kadar birçok alanda blokzincirin ve akıllı sözleşmelerin kullanımı, iş süreçlerini iyileştirebilir, maliyetleri düşürebilir ve güveni artırabilir.

Günümüzde, teknolojik gelişmelerin hızlanmasıyla birlikte çalışma ve iş yapma şekillerimizde büyük değişiklikler yaşanmaktadır. Bu teknolojik değişimlerin en dikkat unsurlarından olan blokzincir teknolojisi ve akıllı sözleşmelerin ortaya çıkışıdır (Nakamoto, 2008a).

Blokzincir, yüksek güvenlikli ve şeffaf şekilde işlemleri kaydetmek için tasarlanmış merkeziyetsiz bir dijital kayıt defter sistemidir. Blokzincir teknolojisi, merkezi olmayan güvenli bir ortamda dijital işlemleri kaydetme ve doğrulama yeteneğine sahip bir sistemdir (Swan, 2015). Akıllı sözleşmeler, blokzincir üzerinde çalışan ve gerekli şartlar sağlandığında kendiliğinden çalışan programlardır. Blokzincir ve akıllı sözleşme teknolojileri, birçok sektörde aşağıdaki gibi birçok fayda sağlayabilir. Örneğin: Güvenlik, verimlilik, maliyet uygunluğu, otomasyon ve merkeziyetsizlik.

Rust ile solana platformunda akıllı sözleşme geliştirme:

Rust, güvenli ve bellek açısından verimli bir programlama dilidir. Solana platformu yüksek performanslı, işlem maliyeti ucuz ve ölçeklenebilir altyapı sunan bir blokzincir platformudur. Rust'ın solana platformunda akıllı sözleşme geliştirme için uygun bir dil olabileceğini gösteren bazı kanıtlar aşağıda gösterilmiştir:

- Rust, C++ gibi sistem programlama dillerine benzer bir performans ve bellek yönetimi sunar.
- Rust, Solana'nın programlama dilleri arasında en çok ilgi gören kodlama dilidir.
- Solana ekibi, Rust'a olan desteğini artırmaktadır.
- Rust, blokzincir programcılığında ilk akla gelen dillerdendir.

Bu tez blokzincir ve akıllı sözleşme teknolojilerinin temel kavramlarını inceleyerek Rust programlama dili ile Solana blokzincir platformu üzerinde çalışan akıllı sözleşme geliştirme sürecini ele almaktadır. Rust, hızlı, güvenilir ve paralel programlama için uygun bir dil olarak bilinir. Solana da performanslı, güvenli, ucuz ve ölçeklenebilir blokzincir uygulamaları için platform sağlar. Bu çalışma, Rust ile Solana platformu arasındaki etkileşimi ve akıllı sözleşme geliştirme sürecini inceleyerek, bu teknolojilerin birlikte nasıl kullanılabileceğini açıklamayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, bu teknolojilerin güncel durumunu anlamaya ve gelecekteki potansiyellerini keşfetmeye katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kumar ve ark., “Secure Decentralized E-Voting with Blockchain and Smart Contracts” isimli makalesi, geleneksel oylama sistemlerinin aksine, seçmenlerin sandık başına gitmeden, güvenli bir biçimde oylarını kullanabilmelerini sağlayan, blokzincir teknolojisiyle bütünleşmiş, yenilikçi bir e-oylama (elektronik oylama) sistemi sunmaktadır. Blokzincir’in merkeziyetsiz yapısı, oylama sisteminin güvenliğini ve şeffaflığını artırırken, maliyetleri de düşürmektedir. Bu araştırma, mevcut elektronik oylama sistemlerinin aksaklıklarını ve blokzincir tabanlı bir sistemin sağlayabileceği çözümleri detaylı bir şekilde incelemektedir. Blokzincir’in demokratik ülkelerde oylama sistemlerini dönüştürme potansiyeline sahip olduğu ve e-oylama sisteminin bu dönüşümün öncüsü olabileceği savunulmaktadır (Kumar ve ark., 2023).

Wang ve ark., “Block Validation Mechanism Based on Zero-Nowledge Proof (ZKP) in Blockchain” makalesinde, ZKP ve akıllı sözleşme teknolojisini kullanarak blok doğrulama mekanizması tasarlamışlardır. Mekanizma, işlem tutarını ve adresini şifreleyebilir ve gizlilik koruma işlevi sağlayabilmektedir. İşlemin her iki tarafının gizlilik bilgilerini açıklamadan, tam ağ düğümü işlemi gizli bir şekilde doğrulanabildiği söylenmektedir. Kullanıcılar blokzincir’de işlemi tamamladığında ortaya çıkan gizlilik ve verimlilik sorunları etkili bir şekilde çözülebilmektedir. Yüksek verimlilik, yüksek hız ve güçlü güvenlik avantajlarına sahip olabilmektedir (Wang ve ark., 2023).

M. Geetha, çalışmasında Ethereum üzerinde çalışan blokzincir tabanlı bir e-oylama sistemi sunmuştur. Blokzincir teknolojisi’nin merkezi oylama sistemlerinin sınırlamalarının üstesinden gelebileceği incelenmiştir. Bu makalede geçen uygulamada, seçmen hesaplarını, aday ayrıntılarını ve oylarını depolamak için bir ağ ve veri tabanı olarak Ethereum blokzincir platformu kullanılmıştır (M. Geetha, 2023).

Davila ve ark., "Official Verification of Blockchain-Based Tender Systems" çalışmasında, e-satın almayı desteklemek için otomasyon, bütünlük, izlenebilirlik ve şeffaflık sağlayan, daha güvenilir ihale prosedürlerinde devlet dairelerinin ve kamu kurumlarının kaynaklarına ve ihtiyaçlarına göre ayarlanmış, özelleştirilmiş blokzincire dayalı bir model sunmaktadır. Teklif süreçlerinin çoğunda doğrudan müdahaleyi azaltmaktadır, çünkü bunlar blokzincir sistemi içinde otomatik olarak yapılmaktadır. Sonuç olarak kötü niyetli eylemler veya gizli anlaşma risklerini azaltabilmektedir (Dávila ve ark., 2022).

Vishnia ve Peters, "A Trade Control Platform on Blockchain" çalışmasında borsaların işlem faaliyetlerinin denetlenebilmesi için bir çeşit blokzincir mimarisi önermektedir. Özellikle periyodik açık artırmalar üzerinde durulmaktadır. Çözümün mimarisi kavramsal olarak açıklanmış. Farklı verimlilik ve gecikme faktörleri için test edilmiş, daha ayrıntılı ve kapsamlı gelişmelere açılmıştır. Makale, finansal düzenlemeler altında gereksinim duyulan bir sorunun çözümü için yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Bu teknoloji, finansal piyasa işlem işleme sürecine uygulanan bir denetim blokzincir çözümü olarak sunulmaktadır. Özellikle bu denetim blokzincir çözümünün bir açık artırma likidite mekânı türüne uygulanması hedeflenmektedir (Vishnia ve Peters, 2020).

Logith ve ark., "Secure Infrastructure for Allocation of Government Tenders Using Blockchain" çalışmasında, hükümet ihalelerinde blokzincir teknolojisinin nasıl kullanılabileceğini inceleyen yolsuzluk, veri sızıntısı ve insan hatasını önleyebileceğini anlatan bir araştırma makalesini yazmıştır. Makalede, blokzincirin güvenli, şeffaf ve maliyetleri düşük bir mimari sunarak hükümet kayıtlarını koruduğunu ve ihale sürecini kolaylaştırdığını söylenmiştir. Makale, blokzincir tabanlı bir dağıtık arayüz oluşturmak için bir çerçeve sunmuştur ve bunun avantajlarını ve zorluklarını incelemiştir (Logith ve ark.).

Chen ve ark., "Blockchain-Based Smart Contract for Bidding System" çalışmasında, blokzincir tabanlı akıllı sözleşmelerin elektronik teklif sistemlerinde nasıl kullanılabileceğini incelemişlerdir. Elektronik teklif sistemlerinde satıcının bir ürünü için birçok alıcı teklif verebilecektir. En yüksek teklifi veren alıcı ürünü alabilecektir. Fakat bu tür bir sistemde güven sorunu ortaya çıkmaktadır. Sebebi ise teklif süreci, genellikle bir şirket veya şirket grubu tarafından geliştirilen bir web sitesi veya akıllı telefon uygulaması aracılığıyla gerçekleştirilir. Alıcılar ve satıcılar bu şirkete güvenmek zorundadır, çünkü tüm teklif süreci bu şirket tarafından yönetilir ve bu şirket teklif sürecini istediği gibi manipüle edebilir. Bu güven sorununu çözmek için bu makalede blokzincir tabanlı elektronik teklif sistemi önerilmektedir. Bu modelde üçüncü taraflar gerekli değildir. Akıllı sözleşmeler, tüm teklif işlemlerini alır ve gerekli işlemleri otonom olarak blokzincir'in bütünlüğü sayesinde teklif sürecinin bütünlüğünü korur (Chen ve ark., 2018).

Li ve ark., "Blockchain-Based Sealed Bid e-Auction Scheme With Smart Contract and Zero-Knowledge Proof" araştırma makalesinde teklif bilgilerini sızıntıdan korumak ve açık artırma sonucunu tüm teklif sahipleriyle anonim olarak doğrulamak

için taahhüt algoritması, akıllı sözleşmeler ve sıfır bilgi kanıtı içeren blokzincire dayalı kapalı teklifli e-açık artırma şeması önermişler. Kapalı müzayedenin işlem süreci ve temel esaslarına göre, mevcut kapalı teklif e-ihale (elektronik ihale) sistemlerinde var olan sorunları araştırmışlar. Blokzincir teknolojisine dayanarak, akıllı sözleşme teknolojisine, sıfır bilgi kanıt protokollerine ve pedersen taahhüt algoritmasına sahip kapalı teklifli bir elektronik açık artırma planı önermişler. Önerilen sistemde, üçüncü bir kişi olmadan akıllı sözleşmelerle bir açık artırma mekanizması inşa edilmiştir. Önerilen sistem kazanan teklif fiyatını ve ilgili teklif vereni, üçüncü taraf açık artırmacı olmadan tüm işlem, katılımcıları tarafından başarıyla doğruladığı gösterilmiştir (Li ve Xue, 2021b).

Xiao ve ark., "Distributed Consensus Protocols for Blockchain Networks" çalışmalarında, son teknoloji ürünü blokzincir mutabakat protokolleri hakkında kapsamlı bir inceleme ve analiz sunmuşlar. Analizlerini ve tartışılmasını kolaylaştırmak amacıyla, klasik hata toleransı teorisindeki temel tanımları ve sonuçlarını kapsamlı incelemişlerdir. Bu çalışmadaki amaçları sonraki araştırmalar için temel oluşturmaya yardımcı olmaktır (Xiao ve ark., 2020).

Xue ve ark., elektronik açık artırmanın, teklif işleminde verimliliği artırması üzerine çalışma yapmışlar. Bu çalışmada teklif sahiplerinin gizliliğinin korunması, işlemlerin adaletli ve doğrulanabilirliği, işlem verilerin güvenliği, üçüncü taraf açık artırma merkezinin yüksek maliyeti üzerinde durmuşlardır. Kapalı yapılan ihale işlem sürecine ve temel ilkelerine kıyasla, mevcut kapalı teklif elektronik ihale planlarında mevcut sorunları araştırmışlar. Önerilen şemada, açık artırmanın güvenliği, güvenilirliği, adilliği ve gizliliğin korunması adına taraflarının davranışlarını kısıtlamak için üçüncü taraf olmadan bir açık artırma mekanizması oluşturmuşlar. Önerilen sistem, teklif bilgilerini korumayı, adaleti sağlamayı ve ihale sonuçlarını doğrulamayı amaçlamaktadır. Deneysel sonuçlar, sistemin etkinliğini ve güvenilirliğini göstermektedir. Gelecekte, sistemin performansını ve güvenliğini daha da artırmak için çalışmalar yapılabilir (Li ve Xue, 2021a).

Lu, "Blockchain and related topics: Review of current research topics" makalesinde blokzincir teknolojisinin, mevcut uygulamalarının ve gelecekteki yönlerinin kapsamlı bir incelemesini sunmuştur (Lu, 2018).

Jafar ve ark., “Blockchain for Electronic Voting System-Review and Open Research Challenges” makalesinde, elektronik oy kullanma sistemlerinde blokzincir teknolojisinin kullanılmasını önermektedir. Bu teknoloji, seçimlerin güvenliğini,

şeffaflığını ve doğrulanabilirliğini artırma potansiyeline sahip bir alternatif olarak sunulmaktadır. Yazarlar, blokzincir'in merkezi olmayan yapısı sayesinde geleneksel elektronik oy kullanma yöntemlerine kıyasla daha güvenli ve manipülasyona karşı dirençli sistemler geliştirilmesinin sağlanabileceğini savunmaktadır. Bununla birlikte makale, blokzincir tabanlı elektronik oy kullanma sistemlerinin geniş çapta benimsenmesi için bazı zorlukların aşılması gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle gizlilik koruma, işlem hızı ve ölçeklenebilirlik gibi teknik konularda iyileştirmelere ihtiyaç olduğu belirtilmektedir. Bu bağlamda yazarlar, mevcut sistemlerin iyileştirilmesi ve yeni araştırma alanlarının keşfedilmesi gerektiğini önermektedir (Jafar ve ark., 2021).

Mali ve ark., "Blockchain Based e-Auction System" makalesinde, blokzincir tabanlı bir elektronik ihale sistemi öneriyor. Bu sistem, ihale süreçlerinin güvenliğini, şeffaflığını ve adil olma özelliklerini artırmayı amaçlamaktadır. Geleneksel elektronik ihale sistemlerinde karşılaşılan güvenlik açıkları ve şeffaflık sorunları ele alınmakta ve blokzincir teknolojisi kullanılarak bu sorunların nasıl çözülebileceği incelenmektedir. Makalede, Ethereum blokzincir üzerinde çalışan akıllı sözleşmeler kullanılarak, merkezi olmayan bir ihale sistemi tasarımını ve uygulanmasını ayrıntılı bir şekilde ele almaktadır (Mali ve ark., 2020).

Patil ve ark., "Decentralized E-Voting System Using Blockchain Technology" yaptığı çalışmalarında, blokzincir teknolojisi kullanılarak merkezi olmayan bir elektronik oylama sistemi üzerine bir inceleme sunmaktadır. Geleneksel oylama sistemlerinde yaşanan güvenlik sorunlarına ve oy manipülasyonu problemlerine değinilmekte ve blokzincir'in bu sorunları çözebilme potansiyeli araştırılmaktadır. Makalede, blokzincir'in değiştirilemezliği, güvenliği, şeffaflığı ve katılımcı anonimliği gibi özelliklerinin, daha güvenilir ve kabul edilebilir bir elektronik oylama sistemi oluşturma konusunda nasıl kullanılabileceğini tartışmaktadır. Bu makale, blokzincir teknolojisinin elektronik oylama sistemlerine entegre edilmesini önermektedir. Bu öneri, seçim süreçlerinde güvenlik, şeffaflık ve doğrulanabilirlik sağlamak amacıyla yapılmıştır. Blokzincir tabanlı bir sistem, oyların güvenli ve anonim bir şekilde kaydedilmesini ve seçim sürecinin tamamının izlenebilir olmasını sağlayabilir. Ayrıca bu teknolojinin oylama sürecini hızlandırma, katılımı artırma ve sonuçların güvenilirliğini sağlama gibi ek avantajlar sunduğu belirtilmektedir. Ancak makale aynı zamanda blokzincir teknolojisinin elektronik oylama için geniş çapta benimsenmeden

önce aşılması gereken bazı teknik ve sosyal zorlukları da ele almaktadır (Patil ve ark., 2018).

Hassija ve ark., "Blockchain and Edge-Computing-Based Secure Framework for Government Procurement Allocation" makalesinde, blokzincir kullanarak hükümet ihale tahsis süreçlerindeki ortak sorunları işleyen kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır. Genel olarak, bu çerçeve, şeffaf ve verimli hükümet operasyonlarına ulaşmaya yönelik değerli bir katkı olabilir. Yazarlar, hükümet ihalesi süreçlerini iyileştirmek için kapsamlı bir teknoloji temelli çözüm önermektedir. Bu makalede, blokzincir teknolojileri kullanılarak devlet ihaleleri için güvenli ve şeffaf bir çerçeve önermişler. Bu çalışmada yazarlar, insan denetimini en aza indirerek devlet planlarını ve politikalarını uygulamak için devlet ihalelerindeki iş akışı için şeffaf ve güvenli bir uç bilgi işlem altyapısı oluşturmayı amaçlamışlar (Hassija ve ark., 2020).

Park ve ark., “Smart Contract Broker: Improving Smart Contract Reusability in a Blockchain Environment” makalesinde, blokzincir ortamında akıllı sözleşmelerin yeniden kullanılabilirliğini artırmayı amaçlayan bir "akıllı sözleşme aracısı" öneriyor. Blokzincir platformlarında akıllı sözleşmelerin yönetimi ve paylaşımı için standart bir yöntem eksikliği vardır. Bu da geliştiricilerin mevcut sözleşmeleri yeniden kullanmasını zorlaştırmaktadır ve verimlilik sorunlarına yol açmaktadır. Önerilen akıllı sözleşme aracı, etiketler kullanarak akıllı sözleşmeleri tanımlayarak organize etmektedir. Böylece akıllı sözleşmelerin yeniden kullanılabilirliği ve verimliliği artıyor. Ayrıca bu aracın blokzincir ortamında akıllı sözleşmelerin esnekliğini ve yeniden kullanılabilirliğini artıran bir referans model olarak uygulanabileceği belirtiliyor (Park ve ark., 2023).

Diaconita ve ark., “Trustful Blockchain-Based Framework for Privacy Enabling Voting in a University” makalesinde yazarlar, üniversite düzeyinde oy kullanımı için güvenilirliği ve gizliliği sağlayan blokzincir tabanlı oylama sistemi önermektedirler. Bu çalışmada, blokzincir ve akıllı sözleşmelerin oylama süreçlerinde nasıl kullanılabileceği ele alınmaktadır. Yazarlar, mevcut blokzincir platformlarını karşılaştırarak akıllı sözleşmelerin avantajlarını ve dezavantajlarını inceliyor ve bu teknolojilerin güvenlik, gizlilik ve verimlilik açısından oy kullanma süreçlerine nasıl katkıda bulunabileceğini vurguluyorlar. Makalede, üniversitelerde yapılan daha küçük çaplı seçimlerde blokzincir tabanlı bir çözümün uygulanabilirliği araştırılıyor ve önerilen çerçevenin gizlilik ve güvenlik sağlarken maliyetleri de minimumda tutabileceği belirtiliyor (Diaconita ve ark., 2023).

3. BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ

3.1. Blokzincir Teknolojisinin Tarihçesi

Blokzincir teknolojisi, son yıllarda adından sıkça söz ettiren, dijital dünyayı dönüştürme potansiyeline sahip bir kavram veya dijital dönüşüm diyebiliriz. Fakat bu gizemli gücün kökenleri ve geleceği hakkında pek çoğumuz yeterli bilgiye sahip değiliz. Bu yazıda blokzincir teknolojisinin tarihsel serüvenine ve ufuk açıcı potansiyeline ışık tutulacaktır.

Blokzincir teknolojisi, günümüzün dijital çağında önemli bir dönüm noktası olmaktadır. İnsanlığın iletişim ve bilgi teknolojilerindeki devrimini hızlandıran bu yenilikçi teknoloji, birçok sektörde devrim yaratma potansiyeli taşımaktadır. Blokzinciri bugün ki başarısına ulaştıran yol oldukça karmaşık ve ilginçtir.

Blokzincir kavramının fikri temelleri 1980'lere kadar uzanmaktadır. David Chaum, “Closed Signatures for Untraceable Payments” makalesinde dijital paraların temellerini atarken otomatik ödeme sistemlerine izin veren bir kriptografi türü önermiştir (Chaum, 1983), Stuart Haber ve W. Scott Stornetta, güvenli zaman damgaları için zincirleme bir sistem önerdiler (Haber, 1991). Bu ilk adımlar blokzincir devriminin temelini oluşturmuştur. Digi Cash isimli bir ödeme sistemi 1994 yılında Cenevre de duyuruldu (Chaum, 1994). Bu sistem bir bilgisayardan diğerine para göndermeyi sağlayan bir para transfer sistemiydi. 1996 yılında akıllı sözleşmelerin kavramsal tanıtıcısı Nick Szabo olmuştur. N. Szabo, dijital para birimlerine ve kriptografiye olan ilgisiyle tanınmaktadır. Bilgisayar bilimcisi ve kriptografi uzmanı olan Nick Szabo'nun çok tanınmasına vesile olan, akıllı sözleşmeler kavramını tanımlamasıdır. Bu kavram otonom olarak yürütülebilen ve uygulanabilen sözleşmelerdir. Blokzincir teknolojisinin temel kavramlarından birini oluşturmaktadır (Szabo, 1996). Szabo'nun 1998'de yazdığı "Bit Gold" adlı bir çalışma, kripto para birimlerinin temeli olarak kabul edilir ve Bitcoin'in gelişiminde etkileri olmuştur (Szabo, 1998).

2008 yılı blokzincir için bir dönüm noktasının işareti olmuştur. Satoshi Nakamoto takma isimle duyurulan kişi veya kişiler tarafından, Bitcoin isimli kripto para birimini ve onu çalıştıran mucizevi teknolojiyi tanıtan bir makale yayınlanmıştır (Nakamoto, 2008). Bitcoin'in muazzam başarısı, blokzincir’in gücünü ve potansiyelini tüm dünyaya göstermiştir. Ancak asıl yenilik işlem geçmişini kaydetmek için blokzincir’in temellerinin atılmış olmasıydı. Blokzincir, işlemlerin birbirine bağlı

bloklar halinde kronolojik olarak kaydedilmesini sağlayan dağıtılmış bir defter teknolojisidir (Yücel, 2022). Bu sistem işlemlerin merkezi bir otoriteye bağlı olmadan güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar.

Bitcoin'in ortaya çıkışından sonra blokzincir teknolojisi hızla diğer alanlara yayıldı. Ethereum gibi platformlar, akıllı kontratlar gibi daha karmaşık özellikleri destekleyen blokzincir tabanlı uygulamaların geliştirilmesine olanak tanımıştır. Bu finans, sağlık, lojistik, gayrimenkul ve daha birçok sektörde blokzincir'in kullanım alanlarını genişletmiştir. Ancak blokzincir'in evrimi bu kadar kesintisiz olmamıştır. Zaman zaman güvenlik endişeleri, ölçeklenebilirlik sorunları ve yasal düzenlemeler gibi engellerle karşılaşmaktadır. Ancak bu zorluklar, teknolojinin kararlılığını ve esnekliğini kanıtladı ve blokzincir gelişimini sürdürmektedir.

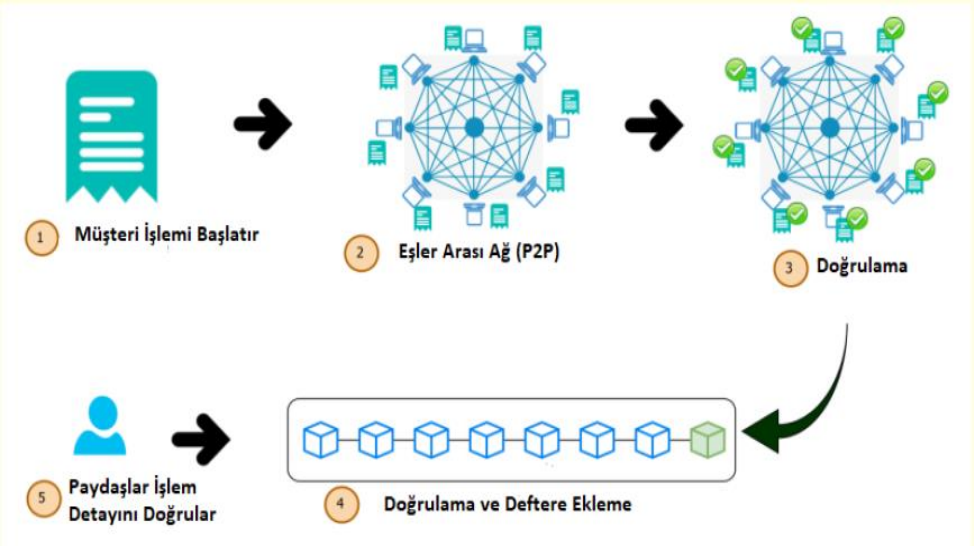
2014 yılında "Blokzincir 2.0" terimi ortaya çıkmıştır. Bu terim, Bitcoin'in ötesine geçen ve finans, sağlık, tedarik zinciri gibi farklı sektörlerde kullanılabilecek blokzincir uygulamalarını ifade etmektedir. Blokzincir teknolojilerinin uygulama alanlarının artması süreci olarak tanımlanmıştır (Xu ve ark., 2022). Blokzincir 3.0 blokzincir teknolojisinin en gelişmiş aşamasıdır. Bu aşamada, blokzincir teknolojisinin potansiyeli, merkeziyetsiz uygulamalar (DApp), yapay zeka (AI), nesnelerin interneti (IoT) ve diğer gelişmekte olan teknolojilere entegre edilerek daha geniş bir yelpazede gerçek yaşama uyarlamaya odaklanılmaktadır (Xu ve ark., 2022). Blokzincir 3.0 programlanabilir toplum çağı olarak tanımlamıştır. Blokzincir teknolojisinin ademi merkeziyetçiliği ve fikir birliği mekanizması, hem insan ideolojisini hem de sosyal formu etkileyecek şekilde yeni boyutlara ulaşması beklenmektedir (Lu, 2018). Blokzincir'in çeşitli alanlarda deneysel ve ticari uygulamalara sahip olmaya başladığı görülmektedir. Finansal işlemleri hızlandırma, tedarik zincirlerini şeffaf hale getirme ve dijital kimlik yönetimi gibi birçok alanda önemli bir rol oynamaktadır.

Blokzincir teknolojisi hala emekleme aşamasında olsa da potansiyelinin sınırları halen bilinememektedir. Gelecekte blokzincir teknolojilerine oylama sistemlerini entegre etmek sahteciliği önlemek ve veri güvenliğini sağlama için faydalı olacağı düşünülmektedir. Devlet ihale sistemlerinin blokzincir'e entegre olması, Web3 teknolojileri gibi birçok alanda devrim yaratabilir. Blokzincir, dijital devrimin derinden ve sessiz gelen gizemli gücü olmaktadır. Görünmez bir güç olarak arka planda çalışarak daha güvenli, daha şeffaf ve daha adil bir dijital dünya inşa etmemize yardımcı olacağı beklenmektedir.

3.2. Blokzincir Teknolojisinin Temelleri

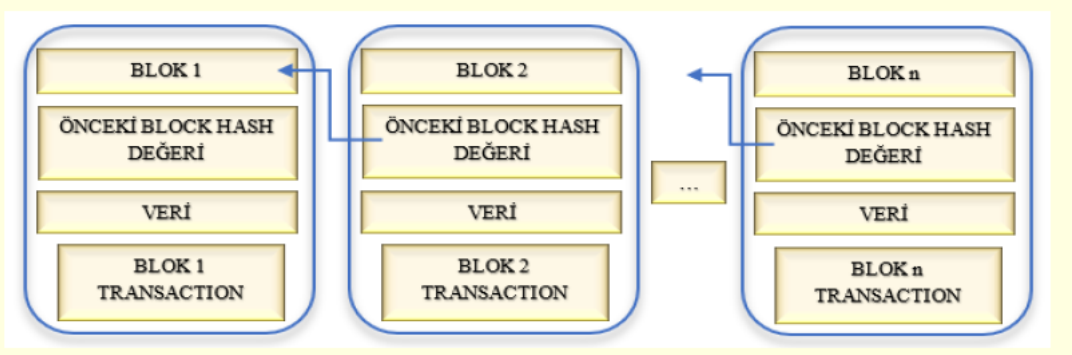
3.2.1.Blokzincir teknolojisi ve çalışma mantığı

Blokzincir merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan, verilerin tüm katılımcılar arasında eşit şekilde paylaşıldığı ve şeffaf bir şekilde saklandığı bir kayıt teknolojisidir. Blokzincir kriptografinin önemli olduğu, dağıtık defter teknolojisi diye adlandırılan bir kayıt yapısı oluşturmak için birbirine eklenen blokların veri düzeni olarak tanımlanabilir (Yücel, 2022). İlk kripto para olan Bitcoin ile tanınan blokzincir, eski verilerde düzenleme imkânı sunmaz. Bu nedenle geleneksel veri tabanlarından farklı olarak, işlemlerin zamansal sırasına göre dizildiği dijital kayıt defteri işlevi görmektedir. Blokzincir merkeziyetsiz veri tabanı olarak adlandırılsa da Nofer ve Ark. blokzincir'in tam olarak bir veri tabanı olmadığını söylemektedir (Nofer ve ark., 2017). Blokzincirde yapılan işlemler bloklarda özet fonksiyon (hash) algoritmalarıyla saklandığından blokzincirde güvenlik üst sevidedir. Blokzincir teknolojisi çalışma sistemi Şekil 3.1 de görüldüğü üzere müşteri işlemi başlatır ve veriler eşler arası ağ da dağıtılır. Ağdaki onaylayıcılar tarafından uzlaşı protokolleri vasıtasıyla doğrulanır ve yapılan işlemler blokzincir ağı üzerine eklenir. Böylece ağa bir blok daha eklenmiş olur (Ceylan ve Işık, 2023).



Şekil 3.1 Blokzincir teknolojisi çalışma sistemi (Ceylan ve Işık, 2023)

Blokzincir'de başlangıç bloğu "Genesis" olarak adlandırılmaktadır. Sonraki bloklar ilk bloğa bağlanmaktadır. Bu kavram, tüm blokzincir'in bütünlüğünü ilk bloğa "genesis bloğu" kadar sağlar (Nofer ve ark., 2017). Veriler giriş tarihine göre art arda sıralanır. Şekil 3.2'de blokzincir teknolojisi blok yapıları temel görünümü görülmektedir. Her blok kendinden önceki bloğun şifrelenmiş kodunu içinde barındırarak değişikliklere karşı güvenlik sağlamaktadır. Her blok içinde işlem bilgileri ve önceki bloğun şifrelenmiş özet kodu (hash) bulunmaktadır. Ağdaki düğümlerin çoğunluğu, bir bloktaki işlemlerin geçerliliği ve bloğun kendisinin geçerliliği konusunda bir fikir birliği mekanizmasıyla anlaşırsa, blokzincire eklenebilir (Nofer ve ark., 2017). Swanson'a göre, fikir birliği mekanizması "ağ doğrulayıcılarının çoğunluğunun bir defterin durumu üzerinde anlaşmaya vardığı süreçtir (Swanson ve ark., 2015). Her blok, kendilerinden önceki bloğa şifreli biçimde bağlı olduğundan, herhangi bir blok da değişiklik yapılması, sonraki tüm bloklarda değişiklik meydana getirmektedir. Bu sayede blokzincirde verilerin asla değiştirilmediğinden emin olunabilmektedir.



Şekil 3.2 Blokzincir teknolojisi blok yapısı temel görünümü (Gürfidan ve Akçay, 2020b)

3.2.2.Blokzincir'in özellikleri

- Merkeziyetsizlik: Hiçbir kurum veya kişi blokzincir'i kontrol edemez. Veriler tüm katılımcılar arasında dağıtılır ve doğrulanır.
- Şeffaflık: Tüm işlemler kamuya açık bir defterde kaydedilir ve herkes tarafından görülebilir.
- Değiştirilemezlik: Bir kez kaydedilen veriler değiştirilemez veya silinemez.
- Güvenlik: Kriptografik teknikler, verilerin sahteciliğini veya tahrifatını önlemektedir.

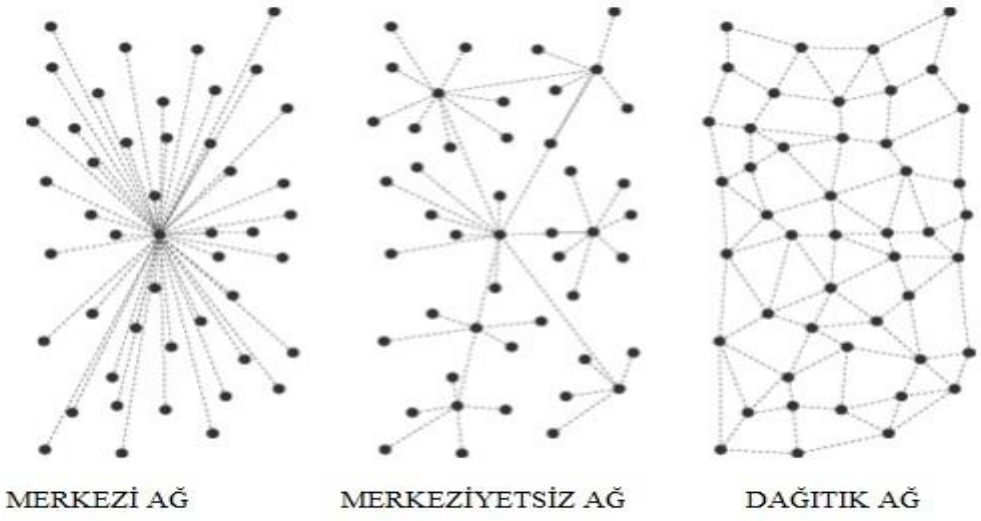
3.2.3.Dağıtılmış defter teknolojisi (DLT)

Dağıtılmış defter teknolojisi (DLT), blokzincir'in temellerinden birisidir. Bu teknoloji, merkezi bir otorite olmadan bilgilerin güvenli bir şekilde paylaşılmasını sağlamaktadır. Geleneksel veri tabanlarının aksine, veriler birçok farklı bilgisayar veya cihaz arasında dağıtılarak depolanabilir ve güncellenebilir. Her katılımcı ağda bulunan tüm verilere erişim sağlayabilir ve güncellemeleri onaylayabilir. Bu sayede verilerin güvenilirliği ve bütünlüğü artmaktadır. DLT, blokzincir'in güvenlik ve şeffaflık özelliklerini sağlamaktadır. Verilerin dağıtılmış olarak depolanması sayesinde herhangi bir düğümün devre dışı kalması veya manipüle edilmesi durumunda bile sistemdeki diğer düğümler veri bütünlüğünün korumasını sağlamaktadır. Bu da blokzincir'in dayanıklı ve güvenilir bir yapı oluşturmasına olanak tanımaktadır. Şekil 3.3'de merkezi, merkeziyetsiz ve dağıtık ağ yapıları gösterilmiştir (Swanson ve ark., 2015).

Merkezi Ağ Yapısı: Geleneksel ağlarda bir bilgisayar vardır. Kullanıcılar bu bilgisayarlara bağlanarak işlemlerini yapabilmektedirler.

Merkeziyetsiz Ağ Yapısı: Merkeziyetsiz ağlarda kullanıcılar, en verimli sunucuya bağlanarak işlemlerini yapmaktadırlar.

Dağıtık Ağ Yapısı: Dağıtık ağlarda ise her bilgisayar aynı zamanda bir sunucu görevi görmektedir.

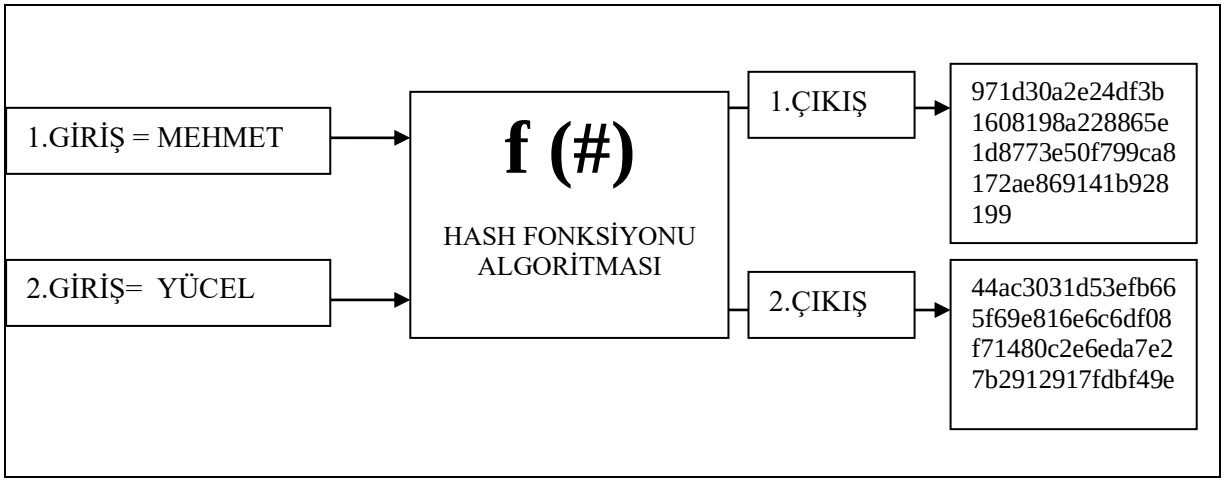


Şekil 3.3. Merkezi, merkeziyetsiz ve dağıtık ağ yapıları (Swanson ve ark., 2015)

3.2.4.Kriptografi

Blokzincir teknolojisinin temel unsurlarından birisi de kriptografidir. Kriptografi, verilerin güvenli bir şekilde iletilmesini ve saklanmasını sağlayan matematiksel işlemler bütünü olarak adlandırılmaktadır. Blokzincir de kriptografi işlemleri, kullanıcıların kimliklerinin gizliliğini korurken işlemlerin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Özellikle dijital imzalar ve karma fonksiyonları gibi kriptografik işlemler, blokzincir'in güvenliğini sağlamak için kritik öneme sahiptir. Dijital imzalar, işlemlerin gerçekliğini doğrulamak için kullanılırken, karma fonksiyonları, verilerin benzersiz bir şekilde temsil edilmesini sağlamaktadır ve veri bütünlüğü korunmaktadır.

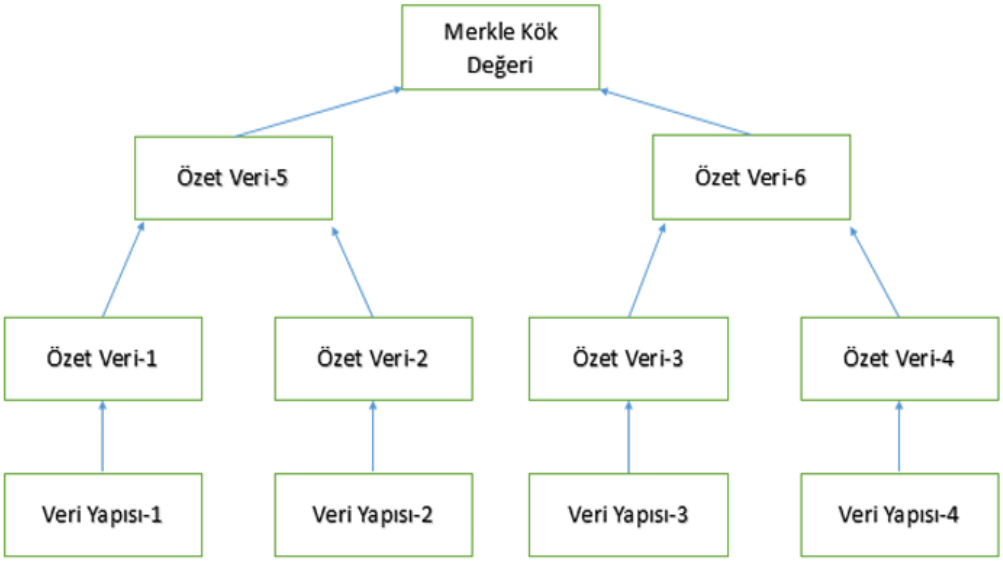
Verileri sabit uzunlukta bir çıktıya çeviren matematiksel işlemlere özet fonksiyon (hash) işlemi denmektedir. Bu işlemin temel amacı verinin gizli kalmasını sağlamaktır. Blokzincir, SHA-256 olarak isimlendirilen 256 bitlik bir kriptografik özetleme algoritması kullanır. SHA-256 algoritması, verileri geri döndürülemez şekilde şifrelemektedir. Şekil 3.4'te Özet fonksiyon (hash) algoritmasının yapısı gösterilmektedir. Veriler özet fonksiyonunda (hash) işlendiklerinde şifreli sonuçlar alınmaktadır. Bu sonuç değerlerini kullanarak orijinal veriyi geri almak mümkün değildir. Bir bitlik değişiklikler bile özet fonksiyonun (hash) sonucunu tamamen değiştirmektedir (Eastlake ve Jones, 2001).



Şekil 3.4. Özet fonksiyon (hash) algoritmasının yapısı

3.2.5.Merkle ağaçları

Merkle ağaçları adını Ralph Merkle'den almaktadır (Merkle, 1987). Blokzincir verilerinin verimli ve güvenli bir şekilde kodlanması ve şifrelenmesi için özet fonksiyon (hash) ağaçları olarak da bilinen merkle ağaçlarını kullanır. Merkle ağaçları, blokzincir'deki verilerin bütünlüğünü doğrulamak için kullanılan bir veri yapısı olarak bilinmektedir. Blokzincir'deki her bloğun içinde bulunan işlemlerin bir özetini içeren bir karma değeri bulunmaktadır. Bu karma değerleri bir üst bloğun karma değeri ile birleştirilerek ağaç yapısını oluştururlar. Böylece herhangi bir veri değişikliği veya bozulması kolayca tespit edilebilir. Merkle ağaçları sayesinde, blokzincir'in güvenliği ve veri bütünlüğü sağlanarak sistemin daha güvenli olması sağlanmaktadır. Her blok kendisinden önceki bloğun karma değerini içerdiği için bloklar arasında bağlantı ve süreklilik sağlanmaktadır. Bu da blokzincir'in saldırılara karşı daha sağlam olmasını sağlamaktadır. Şekil 3.5'te merkle ağaç yapısı görülmektedir. Kök değeri altında iki dal bulunmaktadır. Her dal, bir alt seviyede iki özet veriye ayrılmaktadır. Her alt düğüm, bir üst düzeydeki iki alt düğümün özetini içermektedir. Sonunda en alt düzeyde, veri öğeleri veya işlemle ilgili veriler bulunur (Veri1, Veri2, Veri3 vb.). Bu yapı verilerin bütünlüğünü doğrulamak için kullanılmaktadır. Her seviyede yapılan özet veriler, üst seviyelerdeki verileri doğrulamaktadır.



Şekil 3.5. Merkle ağaç yapısı (Açıkalın ve Şahin, 2023)

3.2.6.Akıllı sözleşmeler

1994 yılında, hukuk ve bilgisayar bilimi uzmanı Nick Szabo, "Building Trust in the Digital World: Smart Contracts" isimli makalesinde, taraflar arasındaki etkileşimi sağlamlaştırmayı ve sözleşmenin otomatik işleyişini mümkün kılmayı amaçlayan bir kavramı tanıtmıştır (Szabo, 1994).

Akıllı sözleşmeler, blokzincir tabanlı uygulamaların temelini oluşturan tetiklendiğinde otomatik yürütülebilir kod parçalarıdır. Bu akıllı sözleşmeler, belirli koşulların karşılanması durumunda otomatik olarak çalışır ve işlemleri gerçekleştirir. Akıllı sözleşmeler sayesinde, geleneksel hukuki işlemler dijitalleştirilerek aracılar ortadan kaldırılabilir ve işlemler daha hızlı ve daha az maliyetle gerçekleştirilebilir. Ethereum, Solana gibi blokzincir platformları, akıllı sözleşmelerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Geliştiriciler bu platformlar üzerinde akıllı kontratları oluşturabilir ve dağıtabilir. Akıllı kontratlar, finansal hizmetlerden gayrimenkul yönetimine kadar birçok farklı alanda kullanılabilir.

3.2.7.İşlem ücretleri ve ölçeklenebilirlik

Blokzincir ağlarındaki en önemli ilkeler; güvenlik, merkeziyetsizlik ve ölçeklenebilirliktir. Bu teknolojinin en önemli zorluklarından birisi de ölçeklenebilirliktir. Ölçeklenebilirlik, blokzincir ağındaki işlemlerin hızını ve kapasitesini ifade etmektedir (Cagigas ve ark., 2022). Bitcoin ve Ethereum gibi bazı blokzincir ağlarının, işlem ücretlerinin yüksek olması ve işlem hızlarının düşüklüğü gibi sorunları bulunmaktadır. Bu sorunlar blokzincir'in daha geniş çapta kullanılmasının önünde bir engel olabilmektedir. Solana ağı Bitcoin ve Ethereum platformlarına göre daha hızlıdır ve işlem ücretleri daha düşük olmaktadır. Bu avantajlarından dolayı tercih sebebi olmaktadır. Blokzincir sistemlerinin verimi her bloktaki işlem sayısı ve blok aralığı süresiyle ilgilidir (Xie ve ark., 2019). Araştırmacılar bu sorunların üstesinden gelmek için çalışmaktadır. Blokzincir'in gelecekte daha güzel çözümlerle insanlığa hizmet sunacağı düşünülmektedir. Bu da insanlığın blokzinciri daha kolay öğrenmesini ve benimsemesini kolaylaştıracaktır.

3.2.8.Ağın güvenliği

Blokzincir ağlarının güvenliği, bu teknolojinin temel yapı taşlarındandır. Merkeziyetsiz çalışma sisteminden dolayı blokzincir ağlarına saldırmanın çok zor olduğu görülmektedir. Ancak bu ağlar hala çeşitli güvenlik riskleriyle karşı karşıyadır. Özellikle %51 saldırıları gibi uzlaşı mekanizmalarını hedef alan saldırılar, blokzincir ağlarının güvenliğini tehdit edebiliyor. Bu tür saldırılar ağdaki düğümlerin çoğunluğunu ele geçirerek işlemleri manipüle etmeyi amaçlamaktadır. Halka açık blokzincir ağlarında güvenlik açıklarıyla daha çok karşılaşılmaktadır (Chhina ve ark., 2019). Ancak hibrit veya özel blokzincir kısıtlı yapısı nedeniyle daha güvenli olduğu görülmektedir (Sanka ve ark., 2021). Blokzincir ağlarının güvenliğini sağlamak için çeşitli güvenlik önlemleri ve farklı protokoller geliştirilmektedir.

3.3. Blokzincir Teknolojisinin Uygulama Alanları

Blokzincir teknolojisi, iş dünyasında birçok farklı alanda potansiyel uygulamalar sunabilmektedir. Tedarik zinciri yönetimi, gayrimenkul, sağlık, sigorta, finans ve daha birçok alanda blokzincir'in kullanımı araştırılmaktadır.

- Finans: Kripto para birimleri, ödemeler
- Tedarik zinciri: Ürün takibi, sahtecilikle mücadele
- Sağlık: Hasta kayıtları, ilaç takibi
- Kamu: Kimlik yönetimi, oy verme, ihaleler

Tedarik zincirinin yönetimi, blokzincir'in en önemli uygulama alanlarından olabilir. Wüst ve Gervais çalışmalarında blokzincir teknolojilerinin tedarik zincirinin yönetimi ve hak sahipliğinin kanıtı için kullanılabileceğini belirtmektedirler (Wüst ve Gervais, 2018). Blokzincir tedarik zinciri süreçlerini daha şeffaf ve izlenebilir hale getirerek sahteciliği ve hataları azaltabilir. Aynı zamanda, tedarik zinciri paydaşları arasındaki iş birliğini artırabilir ve veri güvenliğini sağlayabilir.

Gayrimenkul sektörü de blokzincir teknolojisinden büyük fayda sağlayabilir. Blokzincir gayrimenkul işlemlerini daha hızlı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirmeyi sağlar. Aynı zamanda, gayrimenkul mülkiyet kayıtlarını daha şeffaf ve güvenilir hale getirir. Wüst ve Gervais çalışmalarında blokzincir teknolojilerinin gayrimenkul

sektöründe tapu kaydı ve hak sahipliğinin kanıtı için kullanılabileceğini belirtmektedirler (Wüst ve Gervais, 2018).

Sağlık sektöründe, blokzincir teknolojisinden veri güvenliği ve bütünlüğünden fayda sağlanabilir. Israa Abu-Elezz ve ark, "Benefits and threats of Blockchain technology in healthcare: A scoping review", adlı çalışmasında sağlık sektöründe blokzincir teknolojisinin faydalarını anlatılmıştır (Abu-elezz ve ark., 2020). Blokzincir hasta kayıtlarının güvenli bir şekilde depolanmasını ve paylaşılmasını sağlayabilir. Aynı zamanda, hasta verilerinin takibi ve analizi için etkili bir platform oluşturabilir.

Blokzincir, birçok alanda teknolojik açılım yaptırma potansiyeli olan heyecan veren bir teknoloji olduğu görülmektedir. Merkeziyetsiz, şeffaf ve güvenli bir kayıt tutma yöntemi sunarak, çeşitli sektörlerde güveni ve verimliliği artırmaya yardımcı olabilir.

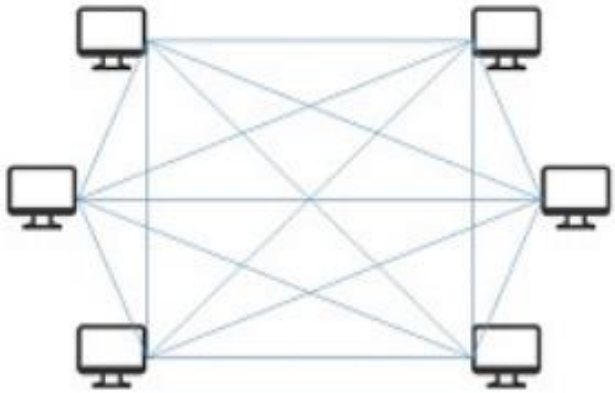
Merkeziyetsiz finans (De-Fi), blokzincir teknolojisinin önemli uygulama alanlarındandır. De-Fi, geleneksel finansal aracıların ortadan kaldırılması ve finansal hizmetlerin blokzincir tabanlı platformlar üzerinde sunulması anlamına gelmektedir. Bu da kullanıcıların kredi alması, borç vermesi, takas yapması ve diğer finansal işlemleri gerçekleştirmesi için yeni olanaklar sunmaktadır. De-Fi platformları, akıllı kontratlar ve diğer blokzincir teknolojilerini kullanarak finansal hizmetleri otomatikleştirir ve merkeziyetsiz olarak işlemektedir. Bu sayede geleneksel finans sistemlerine olan bağımlılığı azaltırken daha şeffaf, erişilebilir ve ucuz bir finansal hizmet sunmaktadır.

Qin ve ark, yaptıkları çalışmalarında, merkezi finans ve merkeziyetsiz finans arasındaki farkları sistematik olarak analiz etmiştir. Merkezi olmayan finans (De-Fi), merkezi finans sistemine göre daha fazla şeffaflık ve kontrol sunduğunu iddia etmişlerdir (Qin ve ark., 2021).

3.4. Blokzincir Teknolojisinin Ağ Çeşitleri

Açık Blokzincir Ağları: Açık blokzincir ağları, herkesin katılabileceği ve herkesin erişimine açık olan ağlardır. Bitcoin gibi kripto paraların ve Ethereum, Solana gibi akıllı sözleşmelerin çalıştığı ağlar bu kategoriye girer (Lin ve Liao, 2017). Bu ağlarda, blokların oluşturulması ve işlenmesi genellikle madencilik veya doğrulama süreçleriyle gerçekleştirilir. Katılımcılar anonimdir ve ağda herhangi bir işlem gerçekleştirebilirler. Açık blokzincir ağları, merkezi olmayan yapıları ve kullanıcıların

güvenliğini ve anonimliğini sağlayan özellikleriyle bilinir. Şekil 3.6'te açık blokzincir yapısı görülmektedir.

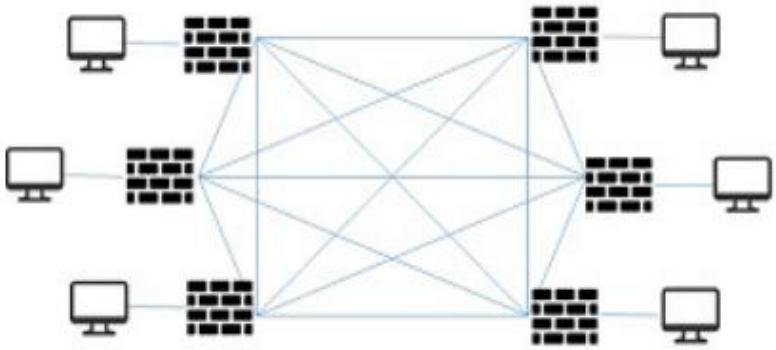


Şekil 3.6. Açık blokzincir yapısı (Lin ve Liao, 2017)

- Avantajlar
  - Daha fazla güvenlik ve şeffaflık sunar
  - Daha fazla merkeziyetsizlik sunar
  - Daha fazla erişilebilirlik sağlar

- Dezavantajlar
  - Daha düşük işlem hızları
  - Daha yüksek enerji tüketimine neden olur
  - Ölçeklenebilirlik sorunları vardır

Özel Blokzincir Ağları: Özel blokzincir ağları, belirli bir gruba veya kuruluşa ait olan ve katılımcıların özel izin veya davet ile katılabildiği ağlardır (Lin ve Liao, 2017). Bu tür ağlar, genellikle işletmeler, finansal kurumlar veya hükümetler tarafından kullanılabilmektedir. Katılımcılar genellikle tanımlanabilir ve kimlik doğrulaması gerektirebilir. Özel blokzincir ağları, iş birliği içinde çalışmak için güvenilir ve ölçeklenebilir bir platform sağlamaktadır. Örneğin tedarik zinciri yönetimi veya finansal işlemler gibi özel veri ve süreçlerin izlenmesi ve yönetimi için kullanılabilirler. Şekil 3.7'da Özel blokzincir yapısı görülmektedir.

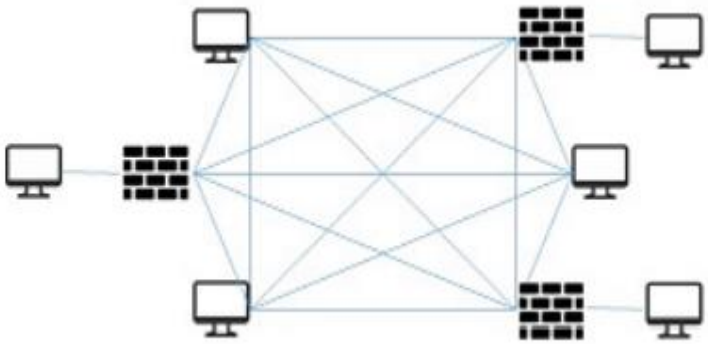


Şekil 3.7. Özel blokzincir yapısı (Lin ve Liao, 2017)

- Avantajlar:
  - Yüksek işlem hızı sağlar
  - Düşük enerji tüketimi sağlar
  - İyi ölçeklenebilirlik sağlar

- Dezavantajlar:
  - Daha az güvenlik ve şeffaflık
  - Daha fazla merkeziyetsizlik
  - Daha az erişilebilirlik

İzinli Blokzincir Ağları: İzinli blokzincir ağları, katılımcıların belirli bir grup tarafından onaylanması gereken ve genellikle izinli bir şekilde katılabildiği ağlardır (Lin ve Liao, 2017). Katılımcılar arasında belirli bir düzeyde güven oluşturulabilir ve kimlik doğrulaması süreci daha katı olabilir. Bu tür ağlar genellikle finansal kuruluşlar, sağlık sektörü veya kamu sektörü gibi sektörlerde kullanılabilmektedir. İzinli blokzincir ağları, daha fazla güvenlik ve denetim sağlar ve gereksiz veri paylaşımını önleyebilir. Bu ağlar, özel ve hassas bilgilerin saklanması ve paylaşılması için daha uygun olmaktadır. Şekil 3.8'de İzinli blokzincir yapısı görülmektedir.



Şekil 3.8. İzinli blokzincir yapısı (Lin ve Liao, 2017)

- Avantajlar:
  - Yüksek işlem hızı sağlar
  - Düşük enerji tüketimi sağlar
  - Daha iyi ölçeklenebilirlik sağlar

- Dezavantajlar:
  - Daha az güvenlik ve şeffaflık
  - Daha fazla merkeziyetsizlik sağlar
  - Daha az erişilebilirliğe neden olur

3.5. Blokzincir Teknolojisinin Uzlaşma Protokolleri

Blokzincir teknolojisi, merkeziyetsiz bir sistemdir. Bu nedenle ağdaki tüm düğümlerin üzerinde anlaştığı bir veri tabanı oluşturmak için bir uzlaşma mekanizmasına ihtiyaç duyar. Bu mekanizma, uzlaşma protokolü olarak adlandırılmaktadır. Uzlaşma protokolleri, bir ağdaki farklı düğümler arasında uzlaşı sağlamak için kullanılan kurallar ve süreçler olarak bilinmektedir. Bu protokoller, blokzincir teknolojisi gibi dağıtık defter teknolojilerinde önemli bir rol oynar. Blokzincir'in güvenli işlemesinin sağlanması için uzlaşma protokolleri çalıştırılmaktadır (Tanriverdi ve ark., 2019). Bir uzlaşma protokolü, ağdaki düğümlerin fikir ayrılıklarını çözme ve bir sonraki bloğu veya işlemi onaylama şeklini belirlemektedir.

Blokzincir ağlarında, tüm katılımcılar arasında anlaşmaya varılmasını sağlayan merkezi olmayan uzlaşı mekanizmaları, ağdaki bütün düğümlerin aynı oy birliğinde

karar almasını ve işlemlerin onaylanmasını sağlar. Bu sayede ağda merkezi bir yönetime gereksinim duyulmadan güvenli bir şekilde işlem yapılabilir. Merkezi olmayan uzlaşı mekanizmaları, çeşitli yöntemlerle çalışabilir. Nakamoto 2008 yılında yayınladığı makalesinde iş ispatı (PoW) protokolünden bahsetmiştir (Nakamoto, 2008c). Örneğin; bitcoin'in kullandığı PoW algoritması, katılımcıların işlemi onaylamak için matematiksel problemleri çözmelerini gerektirir. Ethereum'un geçiş yaptığı PoS (Proof of Stake) algoritması ise katılımcıların ağındaki varlıklarını kullanarak işlemleri doğrulamalarını sağlaması beklenmektedir. Solana blokzincir platformu PoH (Proof of History) algoritmasını kullanmaktadır. Saniyede 60000 işlem kapasitesi olduğu bilinmektedir.

Farklı türde uzlaşma protokolleri mevcuttur ve her birinin kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. En yaygın kullanılan uzlaşma protokolleri aşağıda gösterilmektedir.

İş Kanıtı (Proof of Work- PoW)

PoW protokolünde, yeni bloklar oluşturmak için madenciler karmaşık matematiksel problemleri çözmek için yarışırlar. En hızlı çözümü bulan madenci, yeni bloğu oluşturma ve ağa ekleme hakkı kazanmaktadır. PoW protokolündeki bu işleyiş sistem konfigürasyonu yüksek bilgisayarları gerekli kılmaktadır. Sistem gücüyle orantılı olarak elektrik ihtiyacı da artmaktadır (De Vries ve Stoll, 2021). Bitcoin kripto para biriminde PoW mekanizması kullanılmaktadır.

- Avantajlar
    - Güvenli ve sağlam bir protokoldür
    - Nispeten basit ve anlaşılırdır

- Dezavantajlar
    - Yüksek enerji tüketimine neden olur
    - Düşük işlem hızına sahiptir
    - Madencilik için özel donanıma ihtiyaç duyulur

Hisse Kanıtı (Proof of Stake - PoS)

Hisse kanıtı protokolünde, yeni bloklar oluşturmak için madenciler, sahip oldukları kripto para birimlerini stake ederler. En çok varlığa sahip olan madenciler doğrulama hakkına sahip olmaktadır (Leonardos ve ark., 2020). Bloğu oluşturmak için rastgele bir stake sahibi seçilir. PoS, PoW'a kıyasla daha az enerji tükettiği ve daha yüksek işlem hızı sunduğu görülmektedir. Hisse kanıtı uzlaşı protokolü, iş kanıtı uzlaşı protokolünden daha çok kullanılmaktadır (Voshmgir, 2020).

- Avantajlar
    - Düşük enerji tüketimi
    - Daha yüksek işlem hızına erişebir
    - Daha erişilebilir bir madencilik sistemine sahiptir

- Dezavantajlar
    - PoW'a kıyasla daha az güvenlidir
    - Zenginlerin daha fazla söz sahip olması riski vardır

Delege Edilmiş Hisse Kanıtı (Delegated Proof of Stake - DPoS)

DPoS uzlaşı protokolünde, stake sahipleri blok üretme yetkisi olan delegeleri seçerler. Delegeler bloklar oluşturmak için yarışırlar. DPoS, PoS'a kıyasla daha hızlı ve daha ölçeklenebilir bir yapı sunmaktadır. Ancak seçilmiş olan delegelerin kötü niyetli olabileceği ve ağ güvenliğini tehlikeye sokabileceği ihtimal dahilindedir (Luo ve ark., 2018). Protokole yatırılan kripto paralar akıllı sözleşmelerde kilitlenir. İşlem doğrulama, yeni blok oluşturma ve ağ işlemleri, seçilen delegeler grubu tarafından gerçekleştirilir. Bu delegeler yapılan iş için uygun şekilde ödüllendirilen blok üreticileridir (Xiao ve ark., 2020).

Avantajlar

- Daha hızlı ve daha iyi ölçeklenebilir
- Daha az enerji tüketimine sahiptir

Dezavantajlar

- Daha az merkeziyetsiz yapısı vardır
- Delegelerin suistimal riski vardır

Yetki Kanıtı (Proof of Authority - PoA)

PoA protokolünde, bloklar önceden belirlenmiş bir grup yetkili tarafından oluşturulmaktadır. Blokzincir ağına dürüst katılımı teşvik edecek uygun teşvikler, bu mutabakat protokolünün önemli bileşenlerindendir (Xiao ve ark., 2020). PoA, özel izinli ağlarda kullanılan bir protokoldür. Hyperledger Fabric gibi platformlarda PoA kullanılabilir. Gerekli olan doğrulayıcı sayısının az olması nedeniyle, ağ yüksek verimli olabilmektedir, yüksek oranda ölçeklenebilirlik ve neredeyse sıfıra yakın işlem ücretine sahip olduğu görülmektedir (Oyinloye ve ark., 2021).

- Avantajlar:
  - Hızlı ve ölçeklenebilirler
  - Daha az enerji tüketimine sahiptir

- Dezavantajlar
  - Daha az güvenlidir
  - Daha az merkeziyetsiz

Tarih Kanıtı (Proof of History - PoH)

Tarih kanıtı, bir olayın hangi zamanda gerçekleştiğini kanıtlayan tarihsel bir işlem kaydı oluşturmaktadır. Bu zaman kaydı, işlemin blokzincir ağına tam olarak hangi sırada kaydedileceğini doğrulamaya yardımcı olmaktadır. PoH, bir kripto ağındaki işlemlerin geçerli sırasını ve zaman damgasını doğrulamak için kullanılan bir yöntemdir. Geleneksel blokzincirler, işlemlerin sırasını belirlemek için zaman damgalarına güvenir, ancak bu zaman damgaları her düğümde farklı olabilir. PoH, bu sorunu çözmek için tasarlanmıştır. Veriler fonksiyonun durumuna eklenerek bu diziye zaman damgası vurulabilir. Durum, dizin ve verilerin dizilere eklenirken kaydedilmesi, verilerin dizide bir sonraki özet fonksiyon (hash) oluşturulmadan bir süre önce

oluşturulduğunu garanti edebilecek bir zaman damgası sağlamaktadır (Yakovenko, 2018).

Solana da her düğüm, belirli aralıklarla bir şifrelenmiş karma yapı oluşturarak ağa yayınlanmaktadır. Bu karma yapılar, önceki karmaları referans aldığından, zincirin geçmiş durumuna bağlı olabilmektedir. Tüm düğümler aynı karmayı oluşturduğundan, tüm işlemlerin göreli sırası hakkında anlaşmaktadırlar. Bu dağıtık bir zaman damgası oluşturur ve işlemlerin doğru sırada yapıldığı güvence altına alınmaktadır. PoH sayesinde, Solana yüksek işlem hızlarına ulaşabilir ve işlem sıralarında belirsizlikten kaçınabilir. Diğer blokzincirlerinde benzer bir zaman damgalama mekanizması kullanması mümkündür. Şu anda sadece Solana, PoH'u temel çekirdek özelliği olarak kullanmaktadır. Ancak diğer projeler de zaman içinde benzer mekanizmalar benimseyebilir. Poh, Solana gibi bazı blokzincir ağlarında kullanılan bir protokoldür ve blokların zaman sıralamasını belirlemek için kullanılır. PoH'un avantajları ve dezavantajları aşağıda incelenmiştir.

PoH'un avantajları

- Zaman Sıralaması Sağlar: PoH, blokların geçmiş zaman içindeki sıralamasını belirleyerek ağın zaman dizinini oluşturabilir. Bu işlemlerin ve blokların doğru bir şekilde zamanlandırılmasını sağlar ve ağın bütünlüğünü korumaktadır.
- Yüksek Performans: PoH, zaman damgalarını oluşturmak için hafif ve etkili bir yöntem kullanmaktadır. Bu da ağın yüksek performanslı işlem işleme yeteneğini destekler ve daha hızlı işlem onayı sağlamaktadır.
- İtibarlı Zaman İşaretleme: PoH'un doğrulanabilir ve itibarlı bir zaman işaretleme yöntemi olması, ağda güvenilirliği artırmaktadır. Herhangi bir tahrifat veya sahte zaman damgası eklemesi, ağ üzerinde güvenilirlik sorunlarına neden olabilmektedir.
- Enerji Verimliliği: PoH'un işlemi zaman damgalarıyla belirlemesi, enerji tüketimini azaltmaktadır. Bu çevresel etkileri azaltırken aynı zamanda blokzincir ağının sürdürülebilirliğini artırabilmektedir.

PoH’un Dezavantajları

- Bağımlılık ve Teknolojik Karmaşıklık: PoH, blokların zaman sıralamasını sağlamak için ağın önceden belirlenmiş bir zaman işaretleme mekanizmasına sahiptir. Protokolün tamamen işlevsel olabilmesi için bu mekanizmanın güvenilir ve sağlam olması gerektiği anlamına gelmektedir. Aksi halde ağın güvenliği ve bütünlüğü riske girebilir.
- Ölçeklenebilirlik Sorunları: PoH, büyük ölçekli ağlarda zaman işaretleme işleminin yoğunluğu nedeniyle ölçeklenebilirlik sorunlarına neden olabilir. Bu durum ağın performansını etkileyebilir ve işlem hızını düşürebilir.
- Doğrulama İşlemi: PoH'un zaman damgalarının doğrulanması, bazen işlemci ve kaynak kullanımını gerektirir. Büyük ağlarda bu doğrulama süreci zaman alabilir ve ağın genel performansını etkileyebilir.
- Teknik Uygulama Zorlukları: PoH'un teknik olarak uygulanması ve entegrasyonu bazı zorluklarla karşılaşabilir. Bu durum geliştiricilerin ve ağ katılımcılarının uyum sağlaması ve PoH'un etkili bir şekilde çalışmasını sağlamak için çaba sarf etmesi gerektiği anlamına gelmektedir.

Blokzincir teknolojisi gelişmeye devam ettikçe, yeni uzlaşma protokolleri de geliştirilmektedir. Hangi uzlaşma protokolünün en iyi olduğu, kullanım amacına ve ihtiyaç duyulan özelliklere bağlı olarak değişmektedir.

3.6. Blokzincir Teknolojisinin Avantajları ve Dezavantajları

Blokzincir Teknolojisinin Avantajları

Blokzincir teknolojisi, verileri güvenli ve şeffaf bir şekilde saklama ve yönetme imkânı sunan, son yıllarda oldukça popüler hale gelen bir teknolojidir. Bu teknolojinin birçok farklı alanda kullanımı artmakta ve birçok avantajı bulunmaktadır.

- Daha fazla güvenlik ve şeffaflık: Veriler merkezi bir otorite tarafından kontrol edilmediğinden, daha az hile ve manipülasyon riski vardır. Blokzincir, merkeziyetsiz bir yapıya sahip olduğu için herhangi bir otorite tarafından kontrol

edilemez ve tek bir noktadan saldırı yapılamamaktadır. Blokzincirde ki tüm işlemler halka açıktır (Sabbagh ve ark., 2021).

- Daha fazla verimlilik: Otomasyona olanak tanıyarak manuel işlemleri azaltır ve maliyetleri düşürmektedir. Blokzincir üçüncü kişiler olmadan işlemleri yapabilir bu da hızı artırarak işlemlerin daha ucuz olmasını sağlamaktadır (Sabbagh ve ark., 2021).
- Daha fazla erişim: Herkesin veri defterine erişmesine ve işlemleri izlemesine olanak tanımaktadır (Sabbagh ve ark., 2021).
- Değişiklik yapılamazlık: Blokzincirdeki herhangi bir blokta yapılmak istenen usulsüz bir değişiklik, tüm ağ tarafından fark edilerek reddedilebilir. Bu sayede verilerin bütünlüğü ve doğruluğu korunabilir (Sabbagh ve ark., 2021).

Blokzincir Teknolojisinin Dezavantajları

- Ölçeklenebilirlik: Blokzincir ağları, şu zamanda büyük ölçekli uygulamalarda kullanılmak için yeterince ölçeklenebilir değildir. İşlem hızı, mevcut finansal sistemlerle karşılaştırıldığında nispeten düşük olmaktadır (Sabbagh ve ark., 2021). Blokzincir ağları genellikle ölçeklenebilirlik sorunuyla karşılaşmaktadır. Her yeni işlem bloğa eklenir ve bloklar zincirleme bir şekilde büyümektedir. Bu yapı büyük bir işlem hacmine sahip olan ağlarda, işlemlerin işlenme hızını ve verimliliğini olumsuz etkileyebilmektedir (Khan ve ark., 2021).
- Enerji Tüketimi: Proof of Work (PoW) gibi bazı uzlaşma protokolleri, yüksek miktarda enerji tüketir. Bitcoin madenciliğinin yıllık enerji tüketimi, Hollanda gibi bir ülkenin yıllık enerji tüketiminden daha fazla olabilmektedir. Bazı blokzincir ağları, işlem doğrulama süreci için yüksek miktarda enerji tüketmektedir (Swan, 2015). Özellikle Proof of Work (PoW) uzlaşı algoritması kullanan ağlar, madencilik için büyük miktarda elektrik enerjisi gerektirmektedir. Bu durum, çevresel etkileri artırabilmekte ve enerji kaynaklarının israfına yol açabilmektedir (Sabbagh ve ark., 2021).
- Yasal Düzenlemeler: Blokzincir teknolojisi için henüz tam olarak oturmuş bir yasal düzenleme bulunmamaktadır (Sabbagh ve ark., 2021). Bu durum, belirsizlik ve risk yaratmaktadır. Farklı ülkelerde farklı yasal düzenlemeler olması, global uygulamalar için sorun yaratabilir. Blokzincir teknolojisinin yasal ve düzenleyici durumu hala belirsizliğini korumaktadır. Birçok ülke blokzincir

tabanlı uygulamaların yasal çerçevesini belirlemekte zorlanmaktadır. Bu belirsizlik işletmelerin ve girişimcilerin blokzincir projelerine yatırım yapma konusunda tereddüt etmelerine neden olabilmektedir.

- Güvenlik: Blokzincir ağları, siber saldırılara karşı tamamen güvenli değildir. 51% saldırısı gibi bazı saldırı türleri, ağın güvenliğini tehdit edebilir (Meng ve ark., 2018). Blokzincir ağları, tamamen anonim olabilir ve işlem verileri herkese açık olabilir. Bu durum, kullanıcıların gizliliğini tehlikeye atabilir ve kişisel verilerin yetkisiz erişime maruz kalma riskini artırabilir (Chhina, 2019). Ayrıca bazı blokzincir ağları güvenlik açıkları içerebilir ve akıllı sözleşmeler yazılım hatalarından dolayı saldırılara açık olabilir.
- Kullanıcı Dostu Olmaması: Blokzincir teknolojisi, şu anda teknik bilgi sahibi olmayan kullanıcılar için yeterince kullanıcı dostu bir yapıya sahip değildir. Karmaşık işlemler ve teknik terimlerden dolayı, birçok kişi bu teknolojiyi kullanmakta zorlanabilmektedir.

3.7. Blokzincir ve Web3 Teknolojileri

Blokzincir teknolojileri herkese açık merkeziyetsiz bir defter teknolojisi olup Web3 uygulamalarının altyapısını oluşturmaktadır (Momtaz, 2022). Blokzincir, merkeziyetsiz finans (De-Fi) ve Web3 gibi yeni kavramların temelini oluşturmaya başladı. De-Fi, merkeziyetsiz bir şekilde finansal hizmetler sunmayı amaçlarken, Web3 ise internetin daha merkeziyetsiz ve kullanıcı dostu bir hale gelmesini hedeflemektedir. Web3 internetin merkeziyetsiz, açık ve güvenli bir geleceğine dair bir vizyon olarak görülmektedir. Mevcut internetin (Web2) büyük teknoloji şirketleri tarafından kontrol edildiği ve kullanıcıların verilerinin kontrolünü elinde bulundurmadığı bir yapıya sahip olmasının aksine, Web3'te internetin kontrolü kullanıcılara ait olacak ve veriler merkeziyetsiz bir şekilde saklanacaktır.

Web3 geleneksel merkezi internetin ötesine geçen bir vizyonu temsil etmektedir. Web3 günlük yaşantımızda ve dijital dünyamızda köklü değişiklikler meydana getirebilecek büyük potansiyele sahiptir (Buldas ve ark., 2022). Bu yeni nesil internet, kullanıcıların verilerini kontrol etmelerini, dijital varlıkları sahiplenmelerini ve merkezi otoritelerin yerine kendi topluluklarıyla iş birliği yapmalarını sağlar.

3.7.1. Web3'ün geleceği ve bazı potansiyel yönleri

- Web3 ve Merkezi Olmayan Altyapı: Web3, merkezi olmayan blokzincirler ve protokoller üzerine inşa edilebilir. Bu da verilerin güvenli ve şeffaf bir şekilde paylaşılmasını sağlayabilir. Kullanıcılar verilerini merkezi sunucular yerine dağıtılmış ağlarda saklayabilirler ve yönetebilirler. Böylelikle Web3 uygulamaları için merkeziyetsiz altyapı sağlanmış olmaktadır (Sheridan ve ark., 2022).
- Web3 Kripto Paralar ve NFT'ler: Web3 kripto paraları (Ethereum ve Solana) ve benzersiz dijital varlıkları temsil eden NFT'leri içermektedir. Bu varlıklar, kullanıcıların sahiplik haklarını kanıtlamalarını ve dijital dünyada değer taşımalarının, sağlandığı söylenmektedir (Sheridan ve ark., 2022).
- Web3 ve Akıllı Sözleşmeler: Web3 akıllı sözleşmeleri kullanarak otomatik ve güvenilir işlemler gerçekleştirilebilir. Bu da geleneksel hukuki süreçleri basitleştirir ve maliyetleri düşürebilir. Alım ve satım işlemleri akıllı sözleşmeler vasıtasıyla yürütülebilir (Min ve Cai, 2022).
- Web3 ve Veri Sahipliği: Kullanıcılar verilerini kontrol edebilir ve izin vermedikleri sürece paylaşmayabilirler. Bu durum gizlilik ve güvenlik açısından büyük bir adım sağlamaktadır.
- Web3 ve Yeni İş Modelleri: Web3, içerik oluşturuculara ve sanatçılara doğrudan destek sağlamaktadır. Kullanıcılar içerikleri için kripto paralarla ödeme yapabilir veya NFT'lerle sanat eserlerini satın alabilirler. Finans sitemleri ICO veya NFT satışlarıyla sermaye çoğaltmaya katkı sağladığı söylenmektedir (Bellavitis ve ark., 2023).
- Web3 ve Değişen İnternet Deneyimi: Web3 oyunlar, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik gibi yeni deneyimler sunmaktadır. Kullanıcılar dijital dünyada daha etkileşimli ve özgür bir şekilde gezinebilirler. Bu dijital dünyalar gerçeğe yakın deneyimler sunmaktadır (Gupta ve ark., 2023).

Blokzincir'in evrimi tıpkı bir nehrin denize dökülmesine benzer şekilde, sürekli bir değişim ve gelişimi göstermektedir. Bu teknolojinin geleceği, ölçeklenebilirlik, güvenlik ve yasal düzenlemeler gibi bazı zorlukların nasıl aşılacağına bağlıdır. Blokzincir'in potansiyeli çok büyük ve bu teknolojinin önümüzdeki yıllarda birçok yeni ve heyecan verici gelişmelere yol açacağı öngörülüyor.

4. AKILLI SÖZLEŞMELER

Akıllı sözleşmeler güvenilirlik ve şeffaflık sunan işlemlerin geleceği olarak görülmektedir. Yaşanılan zamanda dijital dönüşüm her sektörde hızla ilerlemektedir ve de geleneksel iş modellerini kökünden değiştirebilecektir. Bu değişimin merkezinde, blokzincir teknolojisi ve onun getirdiği yenilikçi çözümlerden biri olan akıllı sözleşmeler büyük yer alabilecektir. Akıllı sözleşmeler bilgisayar programlarına dahil edilmiş algoritmik koşullardan ibarettir. Akıllı sözleşmeler güvenilir, şeffaf ve otomatik yürütülebilen dijital anlaşmalardır. Szabo, akıllı sözleşmeleri tanımlarken kurumlar veya kişiler arasında yeni anlaşmalar sağlayacak olan dijital bir yenilik olarak adlandırmaktadır (Szabo, 1996).

Akıllı sözleşmeler, blokzincir teknolojisinin gelişiminde çok önemli bir yere sahiptir ve merkezi olmayan uygulamalar (DApps) kavramının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır (Bartoletti ve ark., 2024). Blokzincir teknolojisindeki çalıştırılan akıllı sözleşmeler, kullanıcılar arasındaki varlık değişimini veya diğer etkileşim süreçlerini sağlayan ve kullanıcı tarafından gerçekleştirilen işlemlerle otonom tetiklenebilen çalıştırılabilir programlar bütünüdür (Bartoletti ve ark., 2024). Akıllı sözleşmelerin temeli blokzincir teknolojisinin sağladığı dağıtık, şifreli ve değiştirilemez kayıt defterine dayandırılmaktadır. Bu özellikler sayesinde akıllı sözleşmeler, güvenilir ve tarafsız bir ortamda çalışabilmektedir. Sözleşme koşulları, şifreli kodlar halinde blokzincire kaydedilir ve belirli koşullar gerçekleştiğinde otomatik olarak çalışır. Bu sayede, insan müdahalesine veya aracılara ihtiyaç duymadan, işlemler hızlı, doğru ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilir. Akıllı sözleşmeler, sözleşme sürecinde tüm aşamaları kolaylaştırmak için protokolleri ve kullanıcı arabirimlerini kullanır. Bu da sözleşme hükümlerinin metindeki veya uygulamadaki muğlaklığını neredeyse ortadan kaldırabilmektedir (Hu ve ark., 2020).

Buterin, akıllı sözleşmeleri dağıtık, izlenebilir, şeffaf ve merkeziyetsiz bir yapıda olduğunu vurgulamıştır. Sözleşmeler Ethereum ağına dağıtıldıklarında, sözleşme kodları değiştirilemez ve her işlem blokzincir üzerinde kalıcı olarak kaydedilebilir (Buterin, 2014).

4.1. Akıllı Sözleşmelerin Tarihsel Gelişimi

Geleneksel sözleşmelerin sınırlılıkları ve insan hatalarının azaltılması için yapılan çabalar, akıllı sözleşmelerin doğuşunu tetiklemiştir. Akıllı sözleşmeler, bilgisayar kodları aracılığıyla yürütülen ve taraflar arasında bir anlaşma sağlayan programlanabilir anlaşmalardır (Szabo, 1996). Akıllı sözleşmelerin temelleri, 1990'ların başında atılmıştır. Nick Szabo, 1994 yılında "Akıllı Sözleşmeler" terimini tanımlamıştır. Szabo, bu sözleşmelerin bilgisayar kodları aracılığıyla yürütülebileceğini ve taraflar arasında otomatik olarak anlaşmaların sağlanabileceğini öne sürmüştür (Szabo, 1996).

Kripto para birimleri, akıllı sözleşmelerin gelişimine ivme kazandırmıştır. Bitcoin'in programlanması, merkezi olmayan bir dijital para birimi olarak finansal işlemlerin yapılmasına imkân tanımıştır. Ethereum'un bilinirliğinin artmasıyla akıllı sözleşmelerin geniş bir şekilde uygulanabilir hale gelmesi sağlanmıştır. Ethereum blokzincir platformu, akıllı sözleşmelerin güvenli ve etkili bir şekilde yürütülmesine olanak tanımıştır (Buterin, 2014).

Akıllı sözleşmelerin bilinirliğiyle birlikte akıllı sözleşmelerin ticari uygulamaları hızla artmaktadır. Finansal hizmetler, sigortacılık, gayrimenkul ve tedarik zinciri yönetimi gibi birçok endüstride akıllı sözleşmelerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu yüzyılda akıllı sözleşmelerin güvenliği, ölçeklenebilirliği ve gerçek dünya uygulamalarına uygunluğu üzerine birçok araştırma ve geliştirme çalışması yapılmaktadır. Bu araştırmaları yapan şirketlerden biri de Solanadır. Solana Blokzincir platformu, akıllı sözleşme oluşturulmasına imkân tanıyan altyapısı güçlü bir platform oluşturmuştur. Solana'nın Proof of Stake ve Proof of History mekanizmalarının yenilikçi hibrit yapısı, işlem verimliliğini önemli oranda artırmış ve daha önceki blokzincir yapılarında karşılaşılan ölçeklenebilme sorunlarının çözümünde umut verici bir yaklaşım getirmiştir. Solana durum geçişleri için Proof of History mekanizmasını kullanmaktadır. Doğrulamalar için Proof of Stake mutabakat mekanizması blokzincire iyi bir şekilde entegre edilmiştir. Doğrulama işlemi sırasında her bir doğrulayıcının teminat olarak belirli bir miktarda fon yatırması gerekmektedir. Ethereum'a benzer şekilde Solana da yapıcı bir oylama sistemini teşvik etmek için hem cezalar hem de ödüller uygulanmaktadır (Song ve ark., 2024).

2020 yılından itibaren akıllı sözleşmelerin kurumsal kabulünün arttığı görülmektedir. Birçok büyük şirket, akıllı sözleşmelerin etkili bir şekilde kullanabilmesi

için çalışmalar yapmaya başlamıştır ve bu teknolojiyi iş süreçlerine entegre etmektedir. Regülasyon kurumlarının, akıllı sözleşmelerin yasal çerçevesini belirlemek için çalışmalar yapmaya başladığı görülmektedir. Bu durum akıllı sözleşmelerin daha geniş çapta kabul görmesine ve kullanılmasına olanak tanımaktadır.

Gelecek yıllarda, akıllı sözleşmelerin daha da gelişmesi ve yaygınlaşması beklenmektedir. İleri düzeyde kodlama ve yapay zekâ teknolojilerinin entegrasyonuyla birlikte, akıllı sözleşmelerin daha karmaşık uygulamaları kodlanabilecektir. Yapay zekâ yazılımları akıllı sözleşmelerin çalışmasını kontrol edebilecek ve akıllı sözleşmelerin kalitesinin artırılmasına yönelik önerilerde bulunabilmesi beklenmektedir (Aksoy, 2023). Ayrıca akıllı sözleşmelerin kullanımıyla ilgili olarak daha fazla düzenleyici standartlar geliştirilebilecektir, bu da teknolojinin daha geniş bir şekilde benimsenmesine katkı sağlayabilecektir.

Akıllı sözleşmelerin tarihsel gelişimi, dijital dönüşümün bir parçası olarak görülüyor ve gelecekte daha da önem kazanması bekleniyor. Bu teknoloji, iş süreçlerini otomatikleştirebilecek, verimliliğini artırarak taraflar arasındaki güvene ihtiyaç duymayan uygulanabilir bir araç olabilecektir.

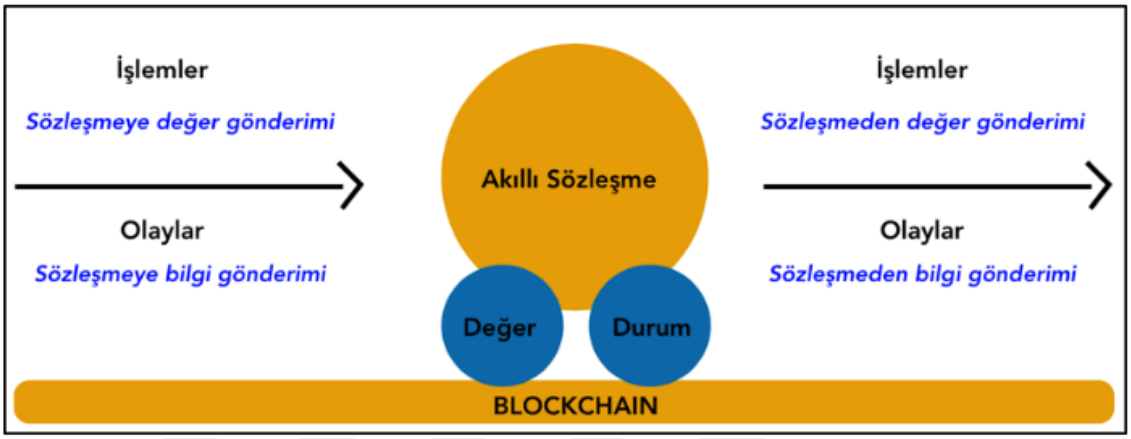
4.2. Akıllı Sözleşmelerin Temelleri

Akıllı sözleşmelerin temelleri, birçok farklı disiplin ve kavramın sentezinden oluşmaktadır. Bu unsurların bir araya gelmesi, akıllı sözleşmelerin güvenli, verimli ve merkeziyetsiz bir şekilde işlemesini sağlayabilmektedir. Akıllı sözleşmeler güvenli, şeffaf ve otonom işleyişleri sayesinde birçok farklı sektörde verimlilik ve maliyet tasarrufu sağlama potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Solana'da herhangi bir harici hesap, sözleşmenin sahibine ait hesaptır ve bu sözleşme hesabıyla ilişkili verileri depolayabilir ve yazma iznine sahip olan tek kişidir (Bartoletti ve ark., 2024).

Teknolojinin gelişmesiyle ve yaygınlaşmasıyla akıllı sözleşmelerin kullanım alanlarının da genişlemeye devam etmesi beklenmektedir. Ancak akıllı sözleşmelerin yaygınlaşması için bazı zorlukların da aşılması gerekmektedir. Bu zorluklardan biri de mevcut yasal çerçevelerin akıllı sözleşmeleri tam olarak kapsamamasıdır. Ayrıca blokzincir teknolojisinin henüz, tam olarak benimsenmemiş olması ve teknik altyapı eksiklikleri de engeller arasında yer almaktadır. Akıllı sözleşmeler, güvenli, şeffaf ve verimli işlemlerin geleceğini temsil etmektedir. Bu teknoloji birçok sektörde köklü değişimlere yol açacak potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir. Ancak yaygınlaşması

için yasal, teknik ve kültürel engellerin aşılması gerekmektedir. Gelecekte akıllı sözleşmelerin hayatımızın bir parçası haline gelmesi ve iş dünyasında dijital dönüşümü gerçekleştirmesi beklenmektedir.

Şekil 4.1'de akıllı sözleşme akış diyagramı görülmektedir. Sözleşmeye değer gönderilir. Sözleşme koşullarına göre değerler işlenir ve veri blokzincire yazılır.



Şekil 4.1 Akıllı sözleşme akış diyagramı (Doğantekin, 2016)

Akıllı sözleşmelerin temellerini oluşturan önemli unsurlar aşağıdaki gibidir.

Kriptografi: Akıllı sözleşmelerin güvenliği ve bütünlüğü büyük ölçüde kriptografik tekniklere dayandığı söylenmektedir. Özellikle şifreleme, dijital imzalar ve özet fonksiyonlar (hash), akıllı sözleşmeler gibi merkeziyetsiz sistemlerin güvenli bir şekilde işlemesini sağlayabilmektedir.

Dağıtık Sistemler: Blokzincir teknolojisi, dağıtık sistemlerin güzel bir uygulaması olarak görülmektedir. Akıllı sözleşmeler kendiliğinden, merkezi bir denetime ihtiyaç duymadan, güvenli bir şekilde çalışabilir ve doğrulanabilir. Bu dağıtık yapı, akıllı sözleşmelerin temel özelliklerinden biri olan merkeziyetsiz sistem olmasını sağlamaktadır.

Otomasyon: Akıllı sözleşmeler, belirli koşulların gerçekleşmesi durumunda otomatik olarak çalışabilirler. Bu otomasyon özelliği, insan müdahalesini ortadan kaldırarak işlemlerin hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır.

Konsensüs Mekanizmaları: Blokzincirde gerçekleşen işlemlerin doğrulanması ve akıllı sözleşmelerin yürütülmesi, uzlaşı mekanizmalarına bağlıdır. İşlemler ağ üzerindeki düğümler tarafından doğrulandıktan sonra blokzincire eklenebilmektedir.

Dijital Kimlikler: Akıllı sözleşmeler, dijital kimlikler vasıtasıyla tarafların kimliğini doğrulayabilir. Bu sayede işlemler güvenli bir şekilde gerçekleştirilebir.
Hukuk ve Düzenlemeler: Akıllı sözleşmelerin hukuki çerçevelere uygun şekilde işlemesi ve uyuşmazlıkların çözümlenmesi için, mevcut hukuk sistemlerinin düzenlenmesi gerekmektedir.

Akıllı sözleşmelerin güvenliği, blokzincir teknolojisinin güvenli yapısına dayanmakla birlikte, çeşitli riskler ve tehditler içerebilmektedir. Akıllı sözleşmelerin güvenliğinin sağlanması da çok büyük önem arz etmektedir.

Solana platformunda geliştirilen akıllı sözleşmelerin güvenliği birkaç farklı yöntemle sağlanır. Bu konu aşağıda detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

1. Programlama Dili Seçimi: Solana, akıllı sözleşme geliştirmek için öncelikle Rust programlama dilini kullanır. Rust, bellek güvenliği ve eşzamanlılık konularında güçlü garantiler sunan bir dil olarak bilinmektedir.
2. Statik Analiz: Rust derleyicisi, kodun derlenmesi sırasında birçok potansiyel güvenlik açığını tespit edebilir. Bu analiz çalışma zamanı hatalarını büyük ölçüde azaltabilmektedir.
3. Program Doğrulama: Solana, akıllı sözleşmelerin (Solana'da "program" olarak adlandırılır) doğrulanmasını sağlayan araçlar sağlamaktadır. Bu doğrulama programın beklenen şekilde davrandığını veya davranmadığını kontrol etmeye yardımcı olmaktadır.
4. Sınırlı Yetki Modeli: Solana'nın hesap modeli, programların sadece belirli hesaplara erişmesine izin verebilmektedir. Bu yetki modeli potansiyel saldırı yüzeyini sınırlar.
5. Denetimler: Önemli projelerin çoğu, bağımsız güvenlik firmalarına kod denetimleri yaptırmaktadır. Bu denetimler potansiyel güvenlik açıklarını tespit etmeye yardımcı olmaktadır.
6. Test Kapsama: Kapsamlı birim testleri ve entegrasyon testleri, programların beklenen şekilde çalışmasını doğrulamak için kullanılır.
7. Formal Doğrulama: Bazı kritik uygulamalar için formal doğrulama teknikleri kullanılabilir. Bu doğrulama, matematiksel olarak programın doğruluğunu kanıtlamaya çalışmaktadır.

8. Güvenlik En İyi Uygulamaları: Geliştiriciler, güvenli kod yazma pratiklerini takip etmelidir. Örneğin, girdi doğrulama, hata yönetimi ve yetkilendirme kontrollerinin düzgün uygulanması.
9. Sınırlı Durum Değişikliği: Solana programları, işlem sırasında yalnızca belirli hesapların durumunu değiştirebilir. Bu durum değişikliği beklenmeyen yan etkileri sınırlar.
10. Topluluk İncelemesi: Açık kaynak projeleri için, topluluk incelemesi ek bir güvenlik katmanı sağlamaktadır. Geliştiriciler ve güvenlik araştırmacıları kodu inceleyebilir ve potansiyel sorunları bildirebilir.
11. Bounty Programları: Bazı büyük projeler, güvenlik açıklarını bulan araştırmacılara ödül veren programları sunar.
12. Güvenlik Güncellemeleri: Solana ekibi, tespit edilen güvenlik sorunlarına hızlı yanıt verir ve gerektiğinde güncellemeler yayınlar.

Ancak, unutmamak gerekir ki hiçbir sistem %100 güvenli değildir. Solana'nın güvenlik önlemleri güçlü olsa da akıllı sözleşme geliştiricilerinin her zaman dikkatli olması ve en iyi güvenlik uygulamalarını takip etmesi önem arz etmektedir.

4.3. Akıllı Sözleşmelerin Faydaları ve Sakıncaları

Akıllı sözleşmelerin sunduğu avantajlar çok yönlüdür. Sözleşme koşulları, tüm taraflar için net ve anlaşılması kolay bir biçimde kodlanabilir, böylece olası anlaşmazlıkların önüne geçilebilir. Doğal dillerin yapısından kaynaklı farklı anlaşılmalar olabilmektedir. Ancak akıllı sözleşmelerin yapısında programlama kodlarının yapısından dolayı kesinlik ve netlik olduğu bilinmektedir (Lipshaw, 2019). Ayrıca işlemlerin otomatik olarak gerçekleştirilmesi, insan hatalarını ve gecikmeleri ortadan kaldırabilmektedir. Akıllı sözleşmeler, maliyetleri önemli ölçüde düşürebilir. Geleneksel sözleşmelerde yer alan aracılar, avukatlar ve diğer üçüncü tarafların rolü minimuma indirilebilir, böylece işlem maliyetleri azalabilmektedir (Chang ve ark., 2019). Ayrıca otomatikleştirilmiş işlemler zamandan tasarruf sağlayabilir. Akıllı sözleşmeler, yeni iş modellerinin ve uygulamaların geliştirilmesine olanak tanıyabilir. Finans, sigorta, gayrimenkul, tedarik zinciri yönetimi gibi birçok alanda, akıllı sözleşmeler sayesinde daha verimli, hızlı ve güvenilir işlemler gerçekleştirilebilir.

Örneğin, bir sigorta şirketi, hasar durumlarında otomatik olarak tazminat ödemesi yapabilir veya bir tedarik zinciri yöneticisi, mal sevkiyatlarını akıllı sözleşmelerle takip edebilir.

Akıllı sözleşmelerin faydalarının yanında sakıncaları bulunmaktadır. Akıllı sözleşmelerin kanuni altyapılarının henüz yeterince hazır olmaması (Peters ve Panayi, 2016). Akıllı sözleşmelerin yeterince uygulama alanı bulamamasının sebeplerindendir.

Akıllı sözleşmelerin faydaları aşağıdaki gibi tanımlanabilmektedir.

- Güvenlik ve Güvenilirlik: Akıllı sözleşmeler, kriptografiye ve blokzincir teknolojisine dayandığından, değiştirilemez ve manipüle edilemezler. Bu durum sözleşmelerin şeffaf ve güvenilir bir şekilde uygulanmasını sağlamaktadır. İhaleye girmeye istekli kişiler akıllı sözleşmeler aracılığıyla tekliflerini şifreli olarak verebilirler. Böylelikle ihalenin güvenliği sağlanacaktır (Hardwick ve ark., 2018).
- Otomasyon: Akıllı sözleşmeler, önceden belirlenmiş koşullara göre şartlar gerçekleştiğinde otomatik olarak çalışırlar. Bu sebeple manuel temasları ortadan kaldırarak ve işlemlerin daha hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleşmesini sağlayabilir.
- Maliyet Tasarrufu: Aracıların ve üçüncü tarafların devre dışı bırakılması, işlemlerin otonom gerçekleşmesi işlem maliyetlerini önemli ölçüde azaltabilir.
- Şeffaflık: Akıllı sözleşmeler, dağıtık bir blokzincir üzerinde çalıştığından, tüm taraflar işlemleri ve sözleşme koşullarını görebilirler. Bu durum şeffaflığı ve hesap verebilirliği arttırır.
- Tarafsızlık: Akıllı sözleşmeler, önyargısız, net ve tarafsız bir şekilde çalışabilmektedir. Bu durum adil ve eşit muamele sağlar ve ayrımcılığı önleyebilir. Doğal dillerin yapısından kaynaklı farklı anlaşılmalar olabilir. Ancak akıllı sözleşmelerin yapısında programlama kodlarının yapısından dolayı kesinlik, tarafsızlık ve netlik vardır (Lipshaw, 2019).
- Esneklik: Akıllı sözleşmeler, farklı endüstrilerde ve uygulamalarda kullanılabilir. Finans, sağlık, devlet işleri ve tedarik zinciri yönetimi ve diğer birçok alanda fayda sağlayabilirler.

Akıllı sözleşmelerin sakıncaları aşağıdaki gibi tanımlanabilmektedir.

- Kodlama Hataları: Akıllı sözleşmeler, kodlama hatalarına karşı savunmasızdır. Kodlamada yapılacak bir hata, potansiyel olarak büyük maddi kayıplara neden olabilir.
- Ölçeklenebilirlik Sorunları: Blokzincir ağlarının işlem hacmi sınırlıdır ve ölçeklenebilirlik sorunları yaşanabilir. Bu durum akıllı sözleşmelerin kullanımını sınırlayabilir. Blokzincirde her bloğun veya işlemin zincire eklenmesi zincirin boyutunu artırır (Namasudra ve ark., 2020).
- Geri Dönülemezlik: Akıllı sözleşmeler, yapısı gereği geri döndürülemez. Hatalı bir sözleşme, kalıcı sorunlara neden olabilir. Ancak akıllı sözleşmeye eklenecek "exit" komutu sayesinde sözleşmenin sonlandırılması sağlanabilir (Nugraheni ve ark., 2022).
- Düzenleme Eksikliği: Akıllı sözleşmelerin yasal düzenlemelere uygun olup olmadığı konusunda belirsizlikler olduğu bilinmektedir. Bu durum uyuşmazlıklar ve hukuki sorunlar yaratabilir.
- Kullanıcı Deneyimi: Akıllı sözleşmelerin kullanımı karmaşık olabiliyor ve teknik bilgi gerektirebilir. Bu durumlar akıllı sözleşmelerin yaygın kullanımı sınırlayabilir.

4.4. Akıllı Sözleşmelerin Uygulama Alanları

Akıllı sözleşmelerin geniş bir uygulama alanı bulunmaktadır. Merkeziyetsiz, tarafsız, güvenli ve şeffaf yapıları sayesinde birçok alanda verimliliği artırma, maliyetleri düşürme ve süreçleri otomatikleştirme potansiyeline sahiptirler. Aşağıda bazı uygulama alanları anlatılmıştır.

- Finansal İşlemler: Bankaların veya aracı kurumların müdahalesi olmadan kripto para transferleri, borç işlemleri, sigorta poliçeleri gibi finansal hizmetlerin akıllı sözleşmelerle gerçekleştirilmesi mümkün olabilir. Örneğin, kredi sözleşmesi akıllı sözleşmesi otomatik olarak borçlunun ödemelerini takip edebilir ve gecikme durumunda cezai işlem uygulayabilir. Finansal iş birliği içinde olan taraflar blokzincir teknolojisini kullanarak verimliliği artırılabilir (Namasudra ve ark., 2020).

- Tedarik Zinciri Yönetimi: Hammaddelerin temini, üretim, lojistik ve dağıtım aşamalarını içeren tedarik zinciri süreçlerinde kullanılacak akıllı sözleşme uygulaması, izlenebilirliği ve şeffaflığı artırabilir. Örneğin, gıda tedarik zincirinde kullanılan akıllı sözleşme uygulaması ürünlerin güvenli ve uygun koşullarda taşındığını doğrulayabilir (Vurdu, 2021).
- Sağlık Hizmetleri: Hasta verilerinin paylaşımı, tele tıp uygulamaları ve sağlık sigortası işlemleri akıllı sözleşmelerle daha güvenli hale getirilebilir. Tedaviye dair daha hızlı ve daha doğru kararlar alınabilir (Gökhan ve Uluyol, 2020). Bir akıllı sözleşme uygulaması, belirlenen sağlık koşullarına göre sigorta ödemelerini otomatik olarak gerçekleştirebilir.
- Gayrimenkul İşlemleri: Gayrimenkul alım ve satımları, kira sözleşmeleri ve tapu kayıtları akıllı sözleşmeler aracılığıyla daha şeffaf ve güvenli bir şekilde yürütülebilir. Akıllı sözleşmeler kullanılarak yapılan satış işlemleri noter, avukatlık işlemleri gibi masrafları kaldırarak hem hesaplı hem de hızlı işlem yapmayı sağlayabilir (Dülger, 2021). Örneğin, akıllı sözleşme olarak kodlanan kira sözleşmesi, kira ödemelerini otomatik olarak takip edebilir ve gecikmeleri haber verebilir.
- Enerji Sektörü: Akıllı şebeke yönetimi, enerji ticareti ve dağıtımı gibi süreçlerde akıllı sözleşmeler kullanılabilir. Yenilenebilir enerji üretimi ve dağıtımı izlenebilir (Takaoğlu ve ark., 2019). Örneğin, bir kullanıcı akıllı sözleşme vasıtasıyla güneş panellerinden üretilen enerjiyi otonom olarak şebekeye satabilir.
- Kamu Hizmetleri: E-devlet, dijital kimlik yönetimi, oylama sistemleri, e-ihaleler ve sosyal yardım programları akıllı sözleşmelerle daha verimli ve daha şeffaf hale getirilebilir. Bir akıllı sözleşme, uygunluk koşullarına göre sosyal yardım ödemelerini otomatikleştirebilir.
- Telif Hakları ve Dijital Varlıklar: Sanat eserleri, müzik, yazılım ve diğer dijital içeriklerin dağıtımı, izlenmesi ve telif haklarının yönetimi akıllı sözleşmelerle kolayca yapılabilir. Örneğin, bir akıllı sözleşme vasıtasıyla, dijital eserlerin satışında otomatik olarak telif ücreti tahsil edilebilir.
- Siber Güvenlik: Kimlik doğrulama, erişim kontrolleri ve saldırı tespit sistemlerinde akıllı sözleşmeler kullanılabilir. Örneğin, akıllı sözleşme vasıtasıyla kurum içinde ağ erişimlerini denetleyerek güvenlik ihlallerini önleyebilir.

4.5. Akıllı Sözleşmelerin Kamuda Kullanımı

Akıllı sözleşmelerin kamu hizmetlerinde kullanımı, verimliliği artırma, tarafsızlığı sağlama, şeffaflığı sağlama ve maliyetleri düşürme potansiyeline sahiptir. Akıllı sözleşmelerin kamudaki kullanım alanları veya kullanılması muhtemel alanlar aşağıda belirtilmiştir.

- E-Devlet Hizmetleri: Vatandaşların devlet kurumlarıyla olan işlemlerinin akıllı sözleşmelerle yürütülmesi, bürokrasiyi azaltabilir. Örneğin, bir akıllı sözleşme vatandaşların başvurularını otomatik olarak değerlendirebilir ve uygunluk durumuna göre işlem yapabilir. Dava dosyalarının blokzincire kayıt edilmesi ve akıllı sözleşmelerle kontrol edilmesi güvenliği, gizliliği ve tarafsızlığı güçlendirebilmektedir (Idrees ve ark., 2021).
- Oylama Sistemleri: Seçim ve referandum süreçleri, akıllı sözleşmelerle daha güvenli ve şeffaf hale getirilebilir (Gürfidan ve Akçay, 2020a). Akıllı sözleşmeler, oy verme işlemlerini denetleyebilir ve sonuçları değişmez bir şekilde kaydedebilir.
- Vergilendirme: Vergi ödemeleri ve muafiyet kontrollerinin akıllı sözleşmelerle yönetilmesi, süreçleri otomatikleştirebilir. Bir akıllı sözleşme, vergi mükelleflerinin gelir durumuna göre vergi miktarını hesaplayıp ödemeyi otomatik olarak gerçekleştirebilir. Vergi denetimlerini kolaylaştırır ve vergi kaçaklarını önleyebilir (Vurdu, 2021).
- Sosyal Yardımlar: Akıllı sözleşmeler, sosyal yardım programlarının daha adil ve verimli bir şekilde yönetilmesini sağlayabilir. Örneğin, akıllı sözleşmeler vasıtasıyla başvurular değerlendirebilir ve gereklilik koşullarını sağlayanlara otomatik ödemeler yapabilir.
- Gümrük İşlemleri: Ülkeler arası ticaret ve gümrük işlemlerinin akıllı sözleşmelerle yürütülmesi, şeffaflık sağlar, güven sağlar ve süreçleri hızlandırabilir. Akıllı sözleşme uygulaması, gönderiyle ilgili verileri doğrulayabilir ve gümrük vergilerini otomatik olarak hesaplayıp tahsil edebilir.
- Kayıt Sistemi: Nüfus kütükleri, tapu kayıtları, araç tescil işlemleri gibi kayıt sistemleri akıllı sözleşmelerle daha güvenli ve şeffaf hale getirilebilir. Örneğin, akıllı sözleşme gayrimenkul satışlarını denetleyerek tapu kayıtlarını güncelleyebilir.

- İhale ve Sözleşmeler: Kamu ihaleleri ve sözleşmeleri, akıllı sözleşmelerle daha açık ve tarafsız bir şekilde yürütülebilir. Akıllı sözleşme, ihale şartlarını ve teklifleri otomatik olarak değerlendirebilir. İhale koşulları sağlanmadan ödemeler yapılmayacağından kamu kaynağının doğru, etkin kullanımı ve şeffaflık sağlanacaktır (Eroğlu, 2023).

Akıllı sözleşmelerin kamu hizmetlerinde kullanımı, bürokratik engelleri azaltma, hizmetleri vatandaşa daha hızlı ve eşit bir şekilde ulaştırma potansiyeline sahiptir. Ayrıca şeffaflık ve güvenlik unsurları sayesinde yolsuzluk ve usulsüzlüklerin önüne geçilebilir. Teknolojinin gelişmesi ve uygun düzenlemelerin oluşturulmasıyla akıllı sözleşmelerin kamu hizmetlerinde kullanımı yaygınlaşacaktır.

5. E-İHALE VE KAMU ALIMLARI

5.1. Elektronik İhale Kavramı

Elektronik ihale; kâğıt üzerine yazılması ile gerçekleşen geleneksel ihale süreçlerinin, dijital platformlar üzerinden gerçekleştirildiği farklı bir tür ihale yöntemidir (Boyd ve ark., 2008). Bu sayede ihalelere ilişkin tüm belgelendirme, bilgi paylaşımı, teklif verme ve değerlendirme işlemleri çevrim içi olarak yürütülebilmektedir. İhale süreci genellikle, hükümetler ve şirketler tarafından, hizmet sağlayıcılardan mal veya hizmet satın almak için kullanılmaktadır (Mali ve ark., 2020). Genellikle kamu kurumları veya özel sektör firmaları tarafından kullanılır. Elektronik ihaleler, çeşitli mal ve hizmetlerin satın alınması veya iş yüklenmesi gibi işlemleri hızlandırmak, şeffaflığı artırmak ve rekabeti teşvik etmek amacıyla kullanılabilir.

Elektronik ihaleler genellikle bir internet sitesi veya özel bir platform aracılığıyla gerçekleştirilebilir. İhaleye katılmak isteyen tedarikçiler, belirli bir süre içinde elektronik olarak tekliflerini sunabilirler. İhale yöneticileri, sunulan teklifleri inceler ve en uygun teklifi seçebilirler. Bu süreç, geleneksel ihalelere göre daha hızlı ve verimli olabilir. Ayrıca elektronik ihalelerde şeffaflık sağlanması daha kolaydır, çünkü tüm süreç dijital olarak kaydedilir ve izlenebilir.

Elektronik ihalelerde, katılımcıların fiziksel olarak bir araya gelmesine gerek olmadığından, coğrafi sınırları aşarak daha geniş bir tedarikçi havuzuna erişim sağlayabilir. Bu durum da rekabeti artırabilir ve daha iyi fiyatlar elde edilmesini sağlayabilir. Küresel ölçekte kamu alımlarının yapılabilmesi için elektronik ihale sisteminin uluslararası standartlarda düzenlenmesi ihtiyacını gerekli kılmaktadır (Aydın ve Çakmak, 2017).

Elektronik ihalelerin temel kavramları aşağıda yazıldığı gibidir.

- İnternet tabanlı platformlar kullanılır: İhale süreçleri, ihale makamları tarafından oluşturulan özel web siteleri veya elektronik ihale (e-ihale) platformları üzerinden yönetilebilir.
- Dijital belgelendirme**:** İhale dokümanları (şartnameler, sözleşmeler vb.) dijital olarak hazırlanabilir ve paylaşılabilir.

- Çevrimiçi teklif verme: İstekliler tekliflerini internet üzerinden elektronik olarak gönderebilirler.
- Şifreleme ve dijital imzalar: Gizlilik ve güvenlik için şifreleme ve dijital imza kullanımının yaygın olduğu bilinmektedir.
- Anlık bildirimler: Katılımcılar sürece ilişkin güncellemeleri anlık olarak alabilirler.
- Veri tabanı entegrasyonu: Süreçler dijital ortamda takip edilebilir ve raporlanabilir.

Elektronik ihaleler, şeffaflığı artırması, maliyetleri düşürmesi ve verimliliği yükseltmesi nedeniyle giderek daha fazla tercih edildiği söylenmektedir. Ancak siber güvenlik endişeleri de göz önünde bulundurulmaktadır.

5.2. Elektronik İhalelerin Tarihçesi

İlk elektronik ihale sistemleri, öncelikle kamu ihalelerinde kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Bu dönemde, internet üzerinden ihalelere katılımı sağlayan platformlar oluşturulmuş ve ihale süreçleri dijitalleştirilmiştir. Bu sayede ihale süreçlerinde daha fazla şeffaflık, rekabet ve verimlilik sağlanması amaçlanmıştır.

Elektronik ihalelerin tarihçesi 1990'lı yılların başlarına kadar uzanmaktadır. İnternetin yaygınlaşmaya başlaması ve bilgi teknolojilerindeki gelişmeler, ihale süreçlerinin dijitalleşmesine zemin hazırladığı görülmektedir. Elektronik ihalelerin temelleri, 20. yüzyılın sonlarına doğru atılmıştır. İlk olarak bilgisayar tabanlı sistemlerin kullanımıyla ihale süreçlerinde dijitalleşme başlamıştır. Ancak gerçek anlamda elektronik ihalelerin kullanımı ve yaygınlaşması 1990'larda ve 2000'lerin başlarında gerçekleştiği görülmektedir. 1990'ların ortalarında, bazı öncü ülkelerin ve şirketlerin elektronik ihale sistemlerini kullanmaya başladığı söylenmektedir. Ancak yaygın kullanımı daha sonraları gerçekleşmiştir. 2000'li yılların başında, Avrupa Birliği üye ülkelerinde e-ihale sistemlerinin yasal ve teknik altyapısı oluşturulmaya başlanmıştır. 2004 yılında Avrupa Birliği e-ihaleler ile ilgili bir direktif yayınlamıştır.

Dünyada ilk büyük çaplı e-ihale uygulamaları savunma ve inşaat sektörlerinde olduğu görülmektedir. Özel sektör firmaları da tedarik zinciri süreçlerinde e-ihale sitemlerini kullanmaya başlamıştır. Türkiye'de ise 2000'li yılların ortalarından itibaren kamu kurumları e-ihale uygulamalarına geçmeye başladığı görülmektedir. 2008 yılında

Elektronik Kamu Alımları Platformu (EKAP) hayata geçirilmiştir. EKAP platformu hizmet, yapım, mal ve danışmanlık hizmetlerini içermektedir (Saraç, 2013).

Günümüzde ülkeler kamu kurumları ve özel sektör firmaları tarafından elektronik ihale sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemler, ihale süreçlerini daha hızlı, şeffaf ve rekabetçi hale getirerek, tedarikçilerle alıcılar arasındaki etkileşimi kolaylaştırdığı söylenmektedir. Elektronik ihalelerin kullanımı, teknolojinin ilerlemesiyle birlikte daha da yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir. E-ihale sistemleri tüm dünyada yaygın olarak kullanılmakta ve sürekli geliştirilmektedir. Mobil uygulamalar, bulut bilişim ve yapay zekâ gibi yeni teknolojiler de ihale süreçlerine entegre edilmeye başlandığı görülmektedir.

5.3. Türkiye’de Elektronik İhale

Türkiye'de elektronik ihaleler, kamu alımları ve özel sektör işlemleri dahil olmak üzere çeşitli alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Elektronik ihaleler, kamu alımları için 4734 sayılı kamu ihale kanunu ve 4735 sayılı kamu ihale sözleşmeleri kanunu kapsamında gerçekleştirilmektedir (K.İ.K, 2024). Türkiye’de elektronik ihaleler, Kamu İhale Kurumu (KİK) tarafından geliştirilen ve yönetilen elektronik kamu alımları platformu (EKAP) üzerinden gerçekleştirilebilir. EKAP, kamu kurumları ve tedarikçiler arasında elektronik ortamda ihale süreçlerinin yürütülmesini sağlayan bir platformdur (Ekap, 2024). Bu platform aracılığıyla ihale ilanları yayımlanabilir, teklifler alınır, teklifler açılır ve sözleşmeler imzalanmaktadır (Ekap, 2024). Elektronik ihaleler, ihale ilanlarının elektronik ortamda yayımlanması, tekliflerin elektronik olarak verilmesi ve açılması gibi adımları içerir. Bu süreçler, şeffaflığı artırır, katılımcı sayısını artırır ve ihale sürecini hızlandırabilir. Ayrıca, EKAP üzerinden gerçekleştirilen elektronik ihalelerde, ihale sürecinin tüm aşamaları dijital olarak kaydedilir ve izlenebilir, bu da ihale sürecine güvenilirlik kazandırabilmektedir (Ekap, 2024).

Özel sektörde de elektronik ihaleler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Büyük ölçekli firmalar, mal ve hizmet satın alımı ile iş yüklenmesi gibi süreçlerde elektronik ihale platformlarını kullanarak ihalelerini yönetebilirler.

Türkiye'de elektronik ihaleler, kamu alımları ve özel sektör işlemleri için önemli bir araç olmaya devam etmektedir. Bu sistemler, şeffaflığı artırır, rekabeti teşvik eder ve ihale süreçlerini daha verimli hale getirebilir. Türkiye'de elektronik ihale uygulamaları

2000'li yılların ortalarından itibaren yaygınlaşmaya başlandığı görülmektedir. Bu konudaki en önemli gelişmeler aşağıda anlatılmıştır.

- Elektronik Kamu Alımları Platformu (EKAP): 2008 yılında faaliyete geçen EKAP, kamu kurumlarının mal, hizmet ve yapım işlerine ilişkin tüm ihale süreçlerinin elektronik ortamda yürütülmesini sağlayan ana platformdur (Saraç, 2013). İhalelerin ilan edilmesi, belgelerin paylaşılması, tekliflerin sunulması EKAP üzerinden gerçekleştirilmektedir (Ekap, 2024).
- E-İhale Uygulaması: 2010 yılında kamu ihale kurumu tarafından başlatılan uygulama ile ihale süreçleri tamamen elektronik ortama taşınmıştır. Bu sayede fiziksel dosya/evrak işlemleri ortadan kalktığı görülmüştür.
- Yaygınlaşma: İlk yıllarda sadece belirli tip ve limitlerde ihale EKAP'a dahil edilirken, zaman içinde kapsam genişletilmiştir. 2017 itibariyle tüm ihaleler e-ihale kapsamına alınmıştır.
- Elektronik İhale Usulleri: EKAP'ta açık ihale, pazarlık, doğrudan temin gibi farklı elektronik ihale usulleri uygulanmaktadır (K.İ.K, 2024).
- Gelişmeler: Mobil uygulamalar, e-imza kullanımı, bulut sistem entegrasyonu, veri analitiği gibi yenilikler elektronik ihalelerde uygulanmaktadır. Bu gelişmelerle Türkiye kamu alımlarında şeffaflığı, rekabeti ve verimliliği artırarak önemli kazanımlar elde etmiştir. Ancak siber güvenlik, altyapı sorunları ve eğitim eksikliği gibi bazı zorluklar da bulunduğu görülmektedir.

5.4. Kamu Alımlarının Elektronik Ortamda Gerçekleştirilmesi

Türkiye'de kamu alımlarının elektronik ortamda gerçekleştirilmesi, kamu ihalelerinde şeffaflığı artırmak, rekabeti teşvik etmek ve ihale süreçlerini daha verimli hale getirmek amacıyla uygulanan bir yöntemdir. Bu süreç, kamu ihale kanunu ve kamu ihale sözleşmeleri kanunu kapsamında yürütülür ve Kamu İhale Kurumu (KİK) tarafından denetlenmektedir (K.İ.K, 2024). Elektronik ortamda gerçekleştirilen kamu alımları, EKAP üzerinden yönetilebilmektedir. EKAP, kamu kurumları ve tedarikçiler arasında elektronik ortamda ihale süreçlerinin yürütülmesini sağlayan bir platformdur. Bu platform aracılığıyla ihale ilanları yayımlanır, teklifler alınır, teklifler açılır ve sözleşmeler imzalanmaktadır (Ekap, 2024). Kamu alımlarının elektronik ortamda

gerçekleştirilmesi, Türkiye'de elektronik kamu alımları platformu (EKAP) aracılığıyla yürütülmektedir.

EKAP'ın kamu alımlarındaki elektronik ihale süreçleri aşağıda verilmiştir.

- İhale İlanı ve Doküman Paylaşımı: İhale makamları, yapılacak ihaleleri EKAP üzerinden ilan ederler. İhale dokümanları (şartname, sözleşme vb.) de elektronik ortamda hazırlanır ve platforma yüklenir (Ekap, 2024).
- Kayıt ve Şifreleme: İhaleye katılmak isteyen istekliler EKAP'a kaydolur ve elektronik imza kullanarak şifreli oturum açarlar. Böylece kimlik doğrulama ve bilgi güvenliği sağlanır.
- Soru-Cevap ve Açıklamalar: Sistem üzerinden istekliler ihale dokümanlarıyla ilgili sorular sorabilir, ihale makamları da açıklamalar yapabilir.
- Teklif Hazırlama ve Sunma: İstekliler tekliflerini elektronik olarak hazırlar ve EKAP üzerinden şifreli bir şekilde gönderirler.
- Elektronik Açık Eksiltme: Bazı ihalelerde açık eksiltme aşaması olur, teklif veren firmalar burada daha düşük teklifler verebilirler.
- Değerlendirme ve Sonuçlar: İhale komisyonu üyeleri EKAP üzerinden tekliflere erişebilir ve değerlendirmelerini elektronik olarak yaparlar. Sonuçlar yine sistem üzerinden açıklanır.
- Sözleşme ve Ödeme: Kazanan istekli ile imzalanacak sözleşme de elektronik ortamda yapılabilir. Ödeme süreçleri de sistem üzerinden takip edilebilir.

EKAP, kamu alımlarında şeffaflığı, rekabeti, izlenebilirliği artırması, zaman ve maliyet tasarrufu sağlaması gibi faydalar sunar. Ayrıca veri toplamayı ve istatistiklerin tutulmasını kolaylaştırır.

6. UYGULAMADA KULLANILAN PROGRAMLAMA DİLİ VE BLOKZİNCİR PLATFORMU

6.1. Solana ve Anchor

Solana: Yüksek performanslı ve ölçeklenebilir bir blokzincir platformudur. Solana blokzincir platformu büyük hacimli işlemleri desteklemek için geliştirilen ve akıllı sözleşmeler için farklı bir yöntem kullanan platformdur (Yakovenko, 2018). Solana'nın proof of stake ve proof of history mekanizmalarının yenilikçi hibrit bütünleşimi, işlem verimliliğini önemli oranda artırmış ve daha önceki blokzincir yapılarında karşılaşılan ölçeklenebilme sorunlarına umut verici bir yaklaşım getirmiştir (Song ve ark., 2024). Merkeziyetsiz uygulamaların yaygınlaşması ve bununla beraber işlem hacimlerindeki artışa ek olarak, yüksek performanslı blokzincir platformlarına yönelik gereklilik git gide daha da artmaya başlamaktadır (Song ve ark., 2024). Solana blokzincir mimarisi, sistemlerde sağlam ve güvenli geçişler sağlamak için hibrit uzlaşı algoritması fikrini kullanmaktadır (Faheem ve ark., 2024). Solana'nın mutabakat mekanizmasının yenilikleri Solanayı kendi başına farklı yaptığı görülmektedir. Akıllı sözleşmelere yönelik uygulama yaklaşımını değiştirmiştir. Program adı verilen Solana akıllı sözleşmeleri, Rust, C veya C++ programlama dilleri kullanılarak programlanır (Adams ve Zheng, 2024).

Çizelge 6.1. Bu tablo, Solana'yı diğer popüler blokzincir platformlarıyla karşılaştırıyor. İşte Solana'nın öne çıkan özellikleri ve diğer platformlarla karşılaştırması:

1. Konsensus Mekanizması: Solana, Proof of History (PoH) ve Proof of Stake (PoS) kombinasyonunu kullanır. Bu mekanizma yüksek hız ve güvenlik sağlar.
2. İşlem Hızı (TPS): Solana, saniyede yaklaşık 65000 işlem ile oldukça yüksek bir hıza sahiptir. Bu hız onu listelenen platformlar arasında en hızlı yapan özelliklerden birisidir.
3. Akıllı Kontrat Dili: Solana, Rust, C ve C++ gibi yaygın kullanılan dilleri destekler. Bu diller geliştiriciler için geniş bir seçenek sunar.
4. Ölçeklenebilirlik: Solana, yüksek ölçeklenebilirlik sunarak büyük ölçekli uygulamalar için uygundur.

5. Enerji Verimliliği: PoS tabanlı konsensus mekanizması sayesinde Solana'nın enerji verimliliği yüksektir.
6. Ana Odak: Solana'nın ana odağı hız ve ölçeklenebilirliktir, bu da onu yüksek performanslı uygulamalar için ideal kılar.

Solana'nın ana avantajları yüksek işlem hızı, düşük ücretler ve enerji verimliliğidir. Ancak, Ethereum gibi daha eski ve daha büyük ekosistemlere sahip platformlara göre daha yeni ve daha az test edilmiş olması bir dezavantaj olarak görülebilir.

Çizelge 6.1. Solana'nın popüler blokzincir platformlarıyla karşılaştırması

Özellik	Solana	Ethereum	Cardano	Polkadot	Binance Smart Chain
Konsensus Mekanizması	PoH + PoS	PoW (ETH 1.0), PoS (ETH 2.0)	PoS	NPoS	PoSA
TPS (İşlem/Saniye)	~65,000	~15 (ETH 1.0), ~100,000 (hedeflenen ETH 2.0)	~250	~1,000	~100
Akıllı Kontrat Dili	Rust, C, C++	Solidity, Vyper	Plutus, Marlowe	Ink, Solidity	Solidity
Ölçeklenebilirlik	Yüksek	Düşük (ETH 1.0), Yüksek (ETH 2.0)	Orta	Yüksek	Orta-Yüksek
Ekosistem Büyüklüğü	Büyüyen	Çok Büyük	Orta	Büyüyen	Büyük
Enerji Verimliliği	Yüksek	Düşük (ETH 1.0), Yüksek (ETH 2.0)	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Ana Odak	Hız ve Ölçeklenebilirlik	Genel Amaçlı	Araştırma Odaklı	Birlikte Çalışabilirlik	Hız ve Düşük Ücretler
Yerel Token	SOL	ETH	ADA	DOT	BNB

Solana’nın özellikleri aşağıda belirtildiği gibidir.

- Proof-of-History (PoH) ve Proof-of-Stake (PoS) uzlaşı mekanizmalarını birleştirerek yüksek işlem hızına ulaştığı görülmüştür.
- Teorik olarak saniyede 50000'den fazla işlem gerçekleştirebilmektedir.
- Düşük işlem ücretleri ve yüksek ölçeklenebilirlik sunabilmektedir.
- Rust, C ve C++ dillerinde programlanabilir.
- Solana Labs tarafından geliştirilmektedir.

Anchor: Anchor vasıtasıyla Solana platformu üzerinde akıllı sözleşmeler oluşturulur ve dağıtılır. Akıllı sözleşmelerin kodlama dili Rust programlama dilidir (anchor-lang.com, 2024). Rust, sistem programlama için kullanılan bir programlama dilidir. Güvenlik, hız ve eş zamanlılık gibi konulara odaklanmaktadır (www.rust-lang.org, 2024a). Anchor, Rust programlama dilinin, güvenlik, hız ve eşzamanlılık özelliklerinden yararlanarak, geliştiricilerin Solana blokzincir platformu için güvenli, verimli ve yüksek performanslı akıllı sözleşmeler yazmalarına olanak tanır. Rust’ın seçilmesinin sebebi, yazılım güvenliği ve performans kriterlerine sahip olmasıdır (anchor-lang.com, 2024). Anchor, Rust dilinin özelliklerini Solana blokzincir’inde akıllı sözleşmeler için kullanılabilir hale getirebilmektedir. Rust, Anchor’un odak noktasıdır ve Anchor sayesinde Rust programlama dili blokzincirde akıllı sözleşme geliştirme platformlarında kullanılabilmektedir.

Anchor’un özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

- Solana üzerinde Rust programlama dili ile akıllı sözleşmeler oluşturmak için kullanılan bir çerçevedir.
- Rust programlama dili ile yazılır ve web assembly ile derlenip Solana blokzincirine dağıtılabilir.
- Kaynak kodun derlenebilir ve doğrulanabilir olmasını sağlamaktadır.
- Akıllı sözleşmelerin test edilmesine, doğrulanmasına ve dağıtılmasına yardımcı olmaktadır.
- Açık kaynaklı bir projedir ve Solana platformunda akıllı sözleşme geliştirmeyi hızlandırmaktadır.

Anchor, Solana üzerinde merkeziyetsiz uygulamalar (DApp) geliştirmeyi kolaylaştırır. Solana'nın yüksek performansı ve Anchor'un kullanıcı dostu araçları, finansal hizmetler, oyunlar, NFT'ler gibi çeşitli uygulamalar için uygun bir altyapı sunmaktadır (anchor-lang.com, 2024).

Solana platformunda Anchor çerçevesi kullanarak akıllı sözleşme geliştirmeye başlamak için öncelikle gerekli araçların kurulması gereklidir (anchor-lang.com, 2024).

1. Rust Kurulumu: Anchor, Rust programlama diliyle yazıldığı için öncelikle Rust kurulması gerekiyor. Rust'ın linkteki web sitesinden veya resmi web adresinden, https://www.rust-lang.org/ uygun kurulum dosyaları yüklenmelidir (www.rust-lang.org, 2024b).
2. Solana Araçları: Solana komut satırı araçlarını kurmak için resmî web sitesinden veya linkteki web adresinden https://docs.solanalabs.com/cli/install kurulum talimatları takip edilmelidir. Bu araçlar, Solana kütüphanesini ve komut satırı istemcisini içermektedir (https://solanalabs.com/, 2024).
3. Anchor Kurulumu: Anchor'u kurmak için https://www.anchor-lang.com/docs/installation web adresinden kurulum adımları takip edilerek kurulum işlemi gerçekleştirilmelidir (https://www.anchor-lang.com, 2024).

Akıllı sözleşme projesi oluşturma adımları aşağıda verilmiştir.

```
mkdir mysolanaapp
cd mysolanaapp
anchor init
```

Bu komutlar, mysolanaapp adında yeni bir proje klasörü oluşturur ve içine Anchor şablonu ekler. lib.rs dosyası akıllı sözleşmenizin Rust kodlarının bulunduğu yerdir. Cargo.toml ise Rust bağımlılıklarını içermektedir. Anchor.toml projenizin Solana ayarlarını tutar.

Proje içeriği aşağıda görüldüğü gibi olacaktır.

```
mysolanaapp
├── programs
│   └── mysolanaapp
│       ├── src
│       │   └── lib.rs
│       └── Cargo.toml
├── tests
│   └── mysolanaapp.js
├── Anchor.toml
└── package.json
```

Rust ile yazılmış örnek akıllı sözleşme şablonu aşağıda görülmektedir.

```rust
use anchor_lang::prelude::*;

declare_id!("Fg6PaFpoGXkYsidMpWTK6W2BeZ7FEfcYkg476zPFsLnS");

#[program]
pub mod mysolanaapp {
    use super::*;

    pub fn initialize(ctx: Context<Initialize>) -> Result<()> {
        Ok(())
    }
}

#[derive(Accounts)]
pub struct Initialize {}
```

Şekil 6.1 Anchor altyapısında Rust ile yazılmış örnek bir akıllı sözleşme şablonu

Şekil 6.1 de görüldüğü üzere mysolanaapp adında yeni bir Solana programı oluşturulup içine initialize adında boş bir fonksiyon eklenmiştir. Daha karmaşık uygulamalar ve durumları saklamak için hesapların tanımlanması gereklidir. Sözleşmeye yeni talimatlar eklenmeli ve akıllı sözleşme kurallarının geliştirilmesi gerekmektedir. Projenin derlenmesi için anchor build komutu kullanılır. Test için

tests/mysolanaapp.js dosyasında verilen örnek testleri kullanabilir veya yazılımcı yeni testler yazabilir. Dağıtım için anchor deploy komutu kullanılır.

6.2. Rust Programlama Dili

Rust, Mozilla araştırma ekibi tarafından geliştirilen, sistem programlama dili olarak tasarlanan programlama dilidir. Rust'ın geliştirilmesindeki temel hedef, güvenli, eşzamanlı ve hızlı sistem yazılımları oluşturabilmektir. Rust, mozilla araştırma mühendisi Graydon Hoare tarafından tasarlandığı bilinmektedir.

Rust, programcıların düşük seviyeli kontrole sahip uygulamalar yazmasına kolaylık sağlarken diğer taraftan da yüksek güvenlik ve garanti sağlayan bir programlama dilidir (Robati Shirzad ve Lam, 2024). Rust, özellikle bellek güvenliği, eşzamanlılık ve performans konularında benzersiz bir yaklaşım sunmaktadır. Rust, geleneksel sistem programlama dillerinin güvenlik sorunlarını çözmek için tasarlanmıştır. Örneğin, C ve C++ gibi dillerde sıkça karşılaşılan bellek güvenliği sorunları, Rust'ın sahiplik (ownership) ve ödünç alma (borrowing) kavramlarıyla büyük ölçüde önlenebilmektedir (www.rust-lang.org, 2024a).

Rust, birçok özelliği ile güvenli, eşzamanlı ve hızlı sistem yazılımları geliştirmeyi kolaylaştırmaktadır. Güvenli eşzamanlılık (thread-safety) için mesaj geçiş (message-passing) gibi teknikler kullanılmaktadır. Ayrıca Rust, modern işlevsel programlama kavramlarını da desteklemektedir. Rust, sistem programlama alanında oldukça popüler hale gelmiş ve birçok büyük yazılım projesi tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Rust 2022 yılında, Stack Overf low'un yıllık Anketi'nde en sevilen programlama dili olaraktan üst üste yedinci kez birinci sırada yer aldığı görülmüştür (Robati Shirzad ve Lam, 2024).

Rust, açık kaynak kodlu bir projedir ve aktif bir topluluk tarafından geliştirilmektedir. Rust, Solana için esas akıllı sözleşme dili olarak kabul edilen çok amaçlı bir programlama dilidir (Bartoletti ve ark., 2024). Rust, özellikle işletim sistemleri, sistem araçları, oyun motorları, web tarayıcıları ve gömülü sistemler gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca, Rust, bulut altyapıları ve kripto para birimleri gibi alanlarda da popülerlik kazanmaktadır. Rust, güvenlik, performans ve eşzamanlılık gibi özelliklerinden dolayı, sistem programlama dünyasında giderek daha fazla ilgi görmektedir.

Çizelge 6.2'de görülen Rust'ı diğer popüler programlama dilleriyle karşılaştıran bir tablo. Bu tablo, her dilin çeşitli özelliklerini ve kullanım alanlarını özetliyor. Tabloda gördüğünüz gibi, Rust'ın en belirgin özellikleri arasında yüksek performans, güvenli bellek yönetimi ve güçlü eşzamanlılık desteği yer almaktadır. Rust'ın bu avantajları, onu özellikle güvenlik, performans ve eşzamanlılığın önemli olduğu projelerde güçlü bir seçenek haline getirmektedir. Ancak, "Dik" öğrenme eğrisi ve "Gelişmekte" olan ekosistemi, dilin potansiyel dezavantajları olarak görülebilir. Yine de bu özellikleri Rust'ı modern yazılım geliştirme için oldukça cazip bir dil yapmaktadır.

Çizelge 6.2. Rust'ın popüler programlama dilleriyle karşılaştırılması

Özellik	Rust	C++	Java	Python	Go	JavaScript
Bellek Yönetimi	Manuel, güvenli	Manuel	Otomatik	Otomatik	Otomatik	Otomatik
Performans	Yüksek	Yüksek	Orta-Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta
Tip Sistemi	Statik, güçlü	Statik, güçlü	Statik, güçlü	Dinamik, güçlü	Statik, güçlü	Dinamik, zayıf
Öğrenme Eğrisi	Dik	Dik	Orta	Kolay	Orta	Kolay-Orta
Ekosistem	Gelişmekte	Geniş	Çok geniş	Çok geniş	Geniş	Çok geniş
Ana Kullanım Alanları	Sistem, Web assembly	Sistem, Oyun	Kurumsal, Android	Genel amaçlı, AI	Web servisleri	Web, Full-stack
Derleme Zamanı	Orta	Uzun	Kısa	Yok (yorumlanan)	Kısa	Yok (yorumlanan/JIT)
Bellek Güvenliği	Çok yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta

Rust'ın performansını yükselten ve diğer programlama dillerinden ayıran özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Performans: Rust, C++ ile yüksek performans kategorisinde yer alıyor. Bu Rust'ın sistem programlama ve performans kritik uygulamalar için ideal olduğunu göstermektedir.
- Bellek Güvenliği (Memory Safety): Rust'ın "Manuel, güvenli" bellek yönetimi, Rust dilini diğer dillerden ayıran bir özelliğidir. Bu da programcıya bellek

kontrolü sağlarken aynı zamanda güvenliği de garanti eder. C++ gibi manuel bellek yönetimi olan dillerde görülen bellek sızıntıları gibi sorunları önler. Rust, bellek güvenliğini sağlamak için sahiplik (ownership) ve ödünç alma (borrowing) kavramlarını kullanmaktadır. Bu kavramlar, derleyici tarafından statik olarak kontrol edilir ve bellek güvenliği sorunlarının (dangling pointers, veri yarışları, double free vb.) oluşmasını engellemektedir. Rust'ın sağladığı bellek güvenliği sayesinde, birçok yazılım şirketi kodlamada Rust'ı benimsediği söylenmektedir. Örneğin: Dropbox şirketi, AWS'den ve Golang'dan tam olarak memnun olmadıklarından dolayı depolama sistemlerini Rust ile kodlamaya karar vermişlerdir (Robati Shirzad ve Lam, 2024).

- Sahiplik (Ownership): Her değer, sahibi olan bir kaynak olarak kabul edilir. Sahip, değerin yaşam süresini kontrol eder ve değer yaşam süresi sona erdiğinde otomatik olarak silinir. Böylece bellek sızıntıları önlenmektedir. Sahiplik çalışma zamanı ortamında çöp toplayıcıya olan ihtiyacı bitirmekle kalmaz, aynı zamanda yazılımcıyı güvenlikle ilgili özellikleri sağlama sorumluluğundan muaf tutmaktadır (Qin ve ark., 2020).
- Ödünç Alma (Borrowing): Değerlerin sahipleri, değerlerini başka kodlara ödünç verebilir. Ödünç alınan değerler, sahiplerine geri verilene kadar kullanılabilir. Rust'ın sahiplik ve ödünç alma kuralları, derleyici tarafından derleme zamanında kontrol edilir. Bu kontrol işlemi, bellek güvenliği sorunlarının çalışma zamanında oluşmasını önlemektedir (www.rust-lang.org, 2024a).
- Eşzamanlılık Güvenliği (Concurrency Safety): Rust, eşzamanlı programlamada da güvenlik sağlamaktadır. Veri yarışlarını ve eşzamanlılık sorunlarını önleyebilir. Bu sahiplik kuralları ve ödünç alma kurallarıyla elde edilmektedir. Ayrıca Rust, mesaj geçiş (message passing) gibi güvenli eşzamanlılık tekniklerini de desteklemektedir. Bu sayede, threadler arasında güvenli bir şekilde veri paylaşılabilir (www.rust-lang.org, 2024a). Rust, güvenlik ve eşzamanlılık sorunlarını çözmek için tasarlandığından, bu konularda çok iyi bir performans sunmaktadır (Yu ve ark., 2019). Bellek güvenliği ve eşzamanlılık mekanizmaları derleyici tarafından optimize edilir ve yüksek performanslı kod üretilir. Rust'ın düşük seviyeli kontrol ve soyutlamalar özelliği sayesinde, gerektiğinde ince performans ayarlamaları yapılabilir.

- Güvenli Yokedici (Safe Destructor): Rust, yokedici (destructor) fonksiyonlarının güvenli bir şekilde çalışmasını garanti etmektedir. Bu durum çift serbest bırakma (double free) hatalarını ve bellek bozulmalarını önleyebilmektedir.
- Derleme Zamanı Güvenliği (Compile Time Security): Rust derleyicisi, kodun güvenliğini derleme zamanında kontrol etmektedir. Bu da çalışma zamanında oluşabilecek güvenlik sorunlarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Derleyici bellek güvenliği kurallarını, eşzamanlılık kurallarını ve diğer güvenlik kurallarını uygulamaktadır. Güvenlik odaklı bu yaklaşımlar sayesinde Rust, geleneksel sistem programlama dillerindeki birçok güvenlik sorununu yaşamaz ve güvenli sistem yazılımları geliştirmeyi kolaylaştırır.
- Düşük seviyeli kontrol (Low-level control): Rust, düşük seviyeli bellek kontrolü ve veri yapılarına erişim sağlar. Bu özelliği performansı optimize etmeyi kolaylaştırır.
- Sıfır Maliyet Soyutlamalar (Zero-Cost Abstractions): Rust'ın soyutlamaları (traits, jenerikler vb.) performans kaybına neden olmaz. Derleyici bunları son derece etkili makine koduna dönüştürebilmektedir.
- LLVM Kullanımı (LLVM Usage): Rust, LLVM derleyici altyapısını kullanır. LLVM, yüksek performanslı makine kodu üretmeyi hedeflemektedir.
- Bellek Güvenliği Optimizasyonları (Memory Security Optimizations): Rust'ın sahiplik ve ödünç alma kuralları, derleyicinin bellek erişimlerini optimize etmesine olanak tanımaktadır.
- Bağlantı Performansı (Connection Performance): Rust'ta bağlantılar (linking), son derece verimlidir ve yalnızca gerekli kod parçaları dahil edilmektedir.
- Rust Paket Yöneticisi ve Ekosistem (Rust Package Manager and Ecosystem): Rust, kendi paket yöneticisine ve geniş bir ekosisteme sahiptir. Bu sayede Rust geliştiricileri, hazır kodları kolayca kullanabilir ve projelerini paylaşabilir.
- Cargo-Rust Paket Yöneticisi (Cargo-Rust Package Manager): Cargo, Rust'ın resmi paket yöneticisi ve proje yönetim aracıdır. Cargo projelerin oluşturulması, yapılandırılması, yapılması ve test edilmesi gibi birçok görevi kolaylaştırır. Ayrıca harici bağımlılıkların yönetimini de sağlar. Cargo crates.io adlı merkezi bir depo kullanır. Geliştiriciler Cargo aracılığıyla yazılım paketlerini (crates) kolayca arayabilir, indirebilir, yapılandırabilir ve güncelleyebilir.
- Crates.io-Rust Paket Deposu (Crates.io-Rust Paket Deposu): Crates.io, Rust topluluğu tarafından oluşturulan ve bakımı yapılan açık kaynaklı paketlerin

barındırıldığı merkezi bir depodur. Binlerce paket içeren bu depo sayesinde, geliştiriciler projelerinde kolayca yeniden kullanılabilir kodlar bulabilmektedir.

Rust, sistem programlama dili olarak tasarlandığından, birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Rust'ın kullanım alanları ve uygulamaları aşağıda verilmiştir.

- Sistem Araçları ve Komut Satırı Uygulamaları: Rust, sistem araçları ve CLI uygulamaları geliştirmek için uygun bir dildir. Örneğin, GNU'nun popüler sıkıştırma aracı gzip, Rust ile yeniden yazılmıştır.
- Web Tarayıcıları: Rust, mozilla tarafından geliştirildiğinden, firefox web tarayıcısının bazı bileşenleri Rust ile yazılmıştır. Google da yeni nesil Fuchsia işletim sistemi için Rust ile web tarayıcısı geliştirmektedir.
- Oyun Motorları: Rust, oyun motorları geliştirmek için de kullanılmaktadır. En popüler örneklerden biri, Amethyst oyun motoru ve Bevy oyun motorudur.
- İşletim Sistemleri: Rust, işletim sistemi çekirdeği geliştirmek için de kullanılmaktadır. Örneğin, Redox işletim sistemi tamamen Rust ile yazılmıştır. Ayrıca Google'ın Fuchsia işletim sistemi ve Amazon'un firecracker adlı sanal makine monitörü de Rust ile geliştirilmektedir.
- Gömülü Sistemler: Rust, gömülü sistemler için de uygundur. Düşük kaynak tüketimi, bellek güvenliği ve eşzamanlılık özellikleri nedeniyle, Rust gömülü sistemlerde de kullanılmaktadır. Tock işletim sistemi ve Robigalia gibi örnekler verilebilir.
- Kripto Para Birimleri ve Blokzincir: Rust, kripto para birimleri ve blokzincir uygulamalarında da kullanılmaktadır. Örneğin, Solana blokzincirindeki akıllı sözleşmeler, Rust ile geliştirilmiştir (Adams ve Zheng, 2024). Ayrıca Ethereum istemcisi gibi projelerde Rust kullanıldığı söylenmektedir.
- Bulut ve Sunucu Uygulamaları: Performans, eşzamanlılık ve güvenlik özellikleri sayesinde, Rust bulut ve sunucu uygulamaları geliştirmek için de tercih edilmektedir. Örneğin, Dropbox, Cloudflare Workers ve AWS Firecracker gibi uygulamalar Rust ile geliştirilmiştir.
- Bilimsel Hesaplama ve Veri Analizi: Rust, yüksek performanslı bilimsel hesaplama ve veri analizi uygulamaları için de kullanılmaktadır. Örneğin, Apache Arrow veri işleme projesi ve Rust-Bio biyoinformatik kütüphanesi, Rust ile yazılmıştır.

7. BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK İHALELER İÇİN AKILLI SÖZLEŞME UYGULAMASI

7.1. Akıllı sözleşme Uygulaması Algoritması ve Akış Şeması

7.1.1. Akıllı sözleşme uygulaması algoritması

Bu akıllı sözleşme programı, Solana blokzincir üzerinde çalışan bir ihale sistemi oluşturuyor. `ihale_programi` adlı bir modül içinde dört ana işlev bulunuyor: `ihale_olustur`, `teklif_ver`, `ihale_sonuclandir` ve `ihale_iptal`

Solana Blokzincir üzerinde çalışan akıllı sözleşme uygulamasının temel işlevlerini ve yapısını gösteren algoritma aşağıda verilmiştir.

1. Program Başlangıcı

- Gerekli kütüphaneleri ve modülleri içe aktar

2. İhale Oluşturma İşlevi (ihale_olustur)

- Başlangıç fiyatı ve ihale süresini ayarla
- İhale hesabını başlat
- İhale sahibini, başlangıç fiyatını ve bitiş zamanını ayarla
- En yüksek teklif sahibini ihale sahibi olarak güncelle
- Kazanan alanını hiç kimse olarak ayarla
- IhaleOlusturuldu event'ini yayınla

3. Teklif Verme İşlevi (teklif_ver)

-İhalenin iptal edilip edilmediğini kontrol et
-İhalenin bitip bitmediğini kontrol et
-Teklif verenin bakiyesini kontrol et
-En yüksek teklif miktarını kontrol et
-En yüksek teklifi ve teklif sahibini güncelle
-TeklifVerildi event'ini yayınla

4. İhale Sonuçlandırma İşlevi (ihale_sonuclandir)

- İhalenin iptal edilip edilmediğini kontrol et
- İhalenin bitip bitmediğini kontrol et
- İhale süresini kontrol et
- İhalenin sonuçlanıp sonuçlanmadığını kontrol et
- Kazananı en yüksek teklif sahibi olarak güncelle
- İhale bedelini sahiplerine gönder
- İhaleyi sonuçlandır
- IhaleSonuclandi event'ini yayınla

5. İhale İptal Etme (İhale_iptal)

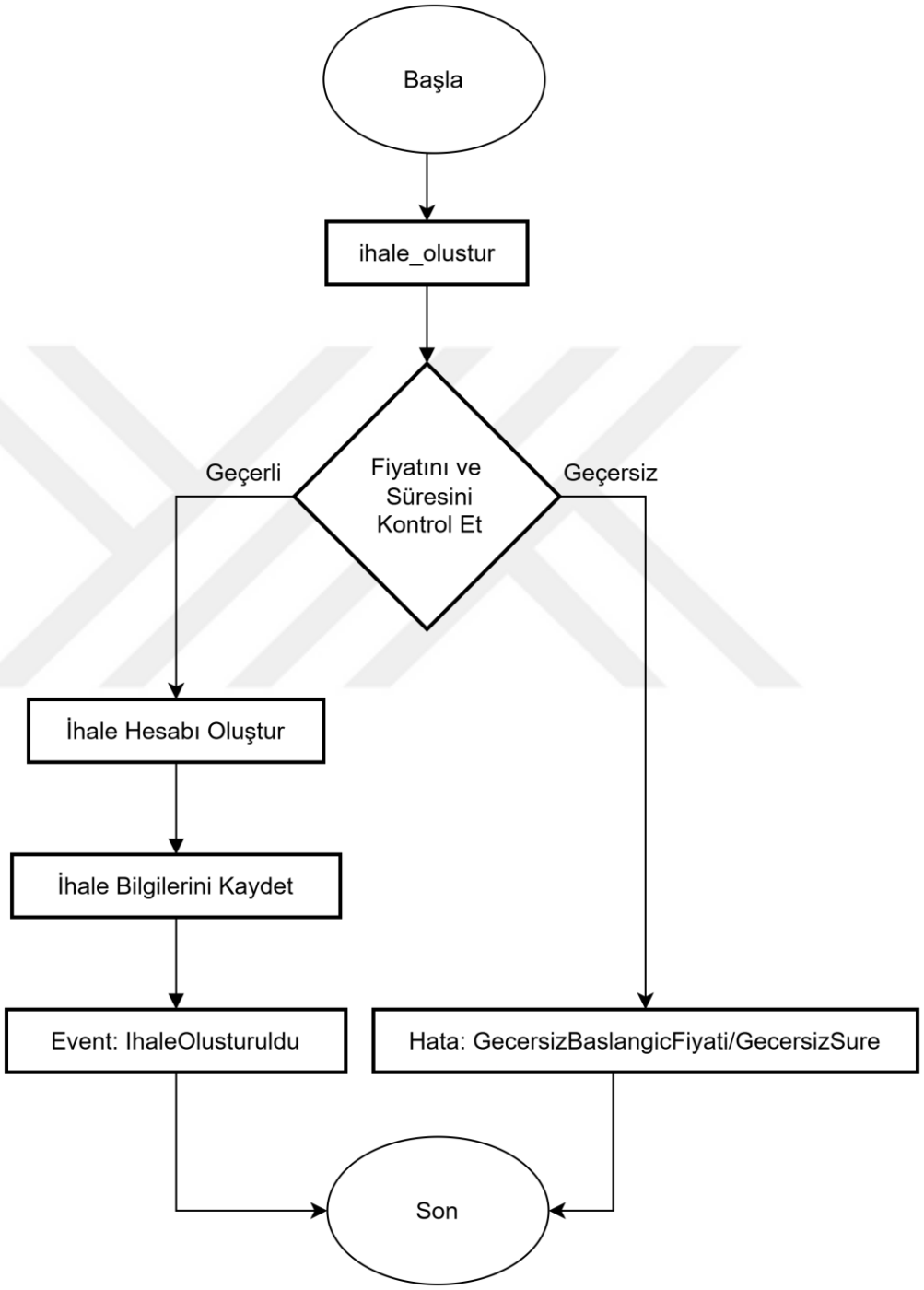
- İhalenin zaten iptal edilip edilmediğini kontrol et
- İhalenin bitip bitmediğini kontrol et
- İhaleyi iptal et
- İhale iptali için gerekli bitiş zamanı tanımla
- İhale bedelini sahiplerine gönder
- ihaleyi sonuçlandir
- IhaleIptalEdildi event'ini yayınla

6. Hesap Yapıları:

- ihale_olustur: İhale oluşturma için gerekli hesapları tanımla
- teklif_ver: Teklif verme için gerekli hesapları tanımla
- ihale_sonuclandir: İhale sonuçlandırma için gerekli hesapları tanımla
- ihale_iptal: İhale iptali için gerekli hesapları tanımla

Bu akıllı sözleşme algoritması, Solana blokzincir üzerinde çalışan ihale sisteminin temel işleyişini özetlemektedir. Program, ihalenin durumunu takip eder ve gerekli kontrolleri yaparak işlemlerin doğru bir şekilde gerçekleşmesini sağlar.

7.1.2. Akıllı sözleşme uygulaması akış şemaları



Şekil 7.1 Akıllı sözleşme ihale oluşturma akış şeması

İhale Oluşturma Süreci (ihale_olustur)

1. Giriş Parametreleri

- `baslangic_fiyati`: İhalenin başlangıç fiyatı (u64 türünde)
- `sure`: İhalenin süresi (i64 türünde)

2. Kontroller

a) Başlangıç Fiyatı Kontrolü
- Koşul: `baslangic_fiyati> 0`
- Amaç: Geçerli bir başlangıç fiyatı olduğundan emin olmak
-Hata Durumu: Eğer koşul sağlanmazsa, `GecersizBaslangicFiyati` hatası döndürülür.

b) Süre Kontrolü
- Koşul: `sure> 0`
- Amaç: Geçerli bir ihale süresi olduğunu doğrulamak.
- Hata Durumu: Eğer koşul sağlanmazsa, `GecersizSure` hatası döndürülür

3. İhale Hesabı Oluşturma

- Yeni bir `Ihale` hesabı oluşturulur
- Bu hesap, Solana'nın Program Derived Address (PDA) özelliği kullanılarak oluşturulur
- Hesap anahtarı ihale sahibinin public key'i kullanılarak türetilir

4. İhale Bilgilerini Kaydetme

Aşağıdaki bilgiler yeni oluşturulan `Ihale` hesabına kaydedilir.
- `sahip`: İhaleyi oluşturan kullanıcının public key'i
- `en_yuksek_teklif`: Başlangıç fiyatı olarak ayarlanır
- `en_yuksek_teklif_sahibi`: Başlangıç ihale sahibi olarak ayarlanır
- `bitis_zamani`: Mevcut zaman + ihale süresi

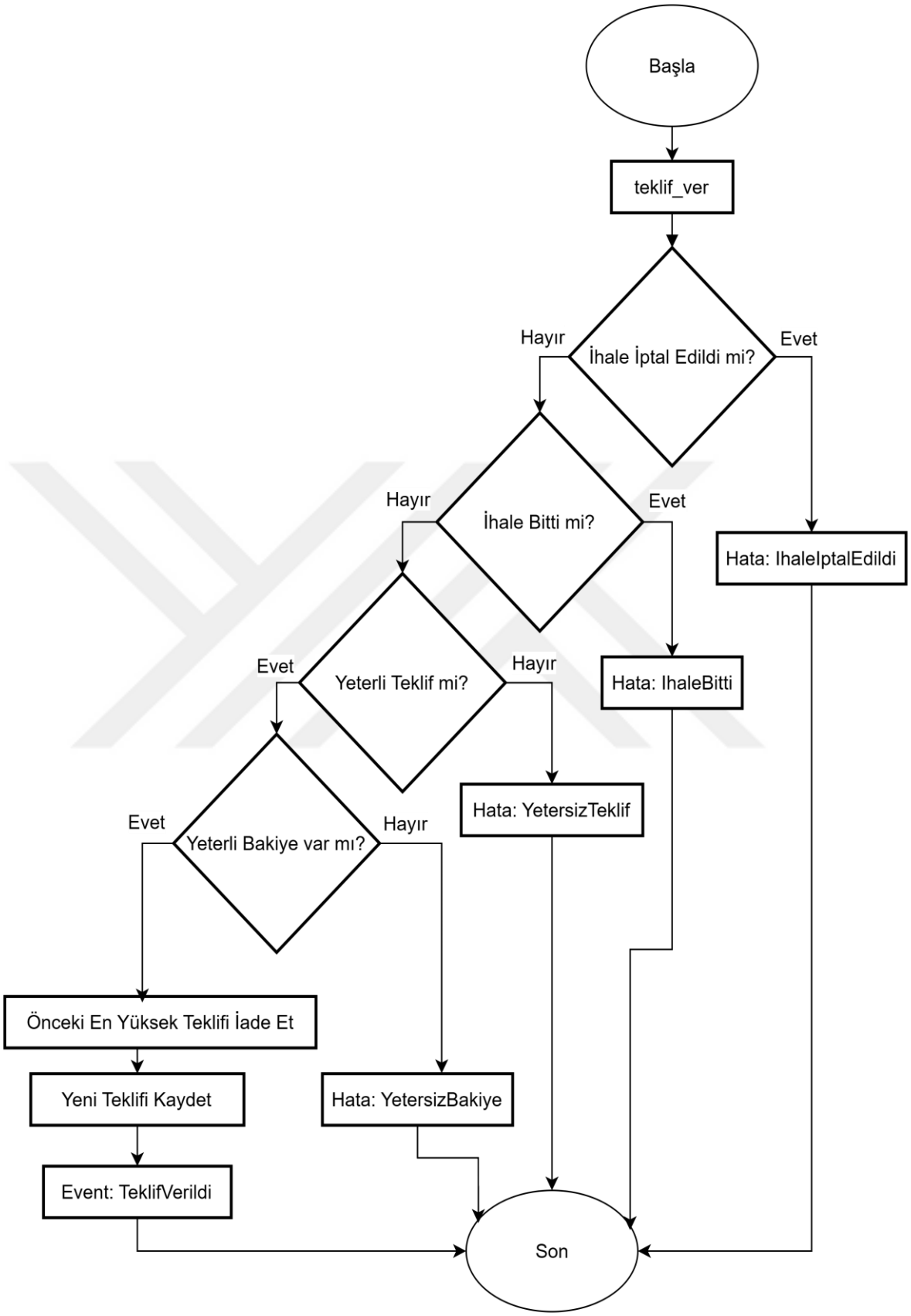
- `kazanan`: Başlangıçta `None` olarak ayarlanır

5. Event Yayınlama

İşlem başarıyla tamamlandıktan sonra, `IhaleOlusturuldu` event'i yayınlanır. Bu event şu bilgileri içerir

- `ihale`: Oluşturulan ihale hesabının public key'i
- `sahip`: İhale sahibinin public key'i
- `baslangic_fiyati`: İhalenin başlangıç fiyatı
- `bitis_zamani`: İhalenin bitiş zamanı

Şekil 7.1 Akıllı sözleşme İhale oluşturma akış şemasındaki tüm adımlar başarıyla tamamlanırsa, fonksiyon `Ok(())` döndürür, yani herhangi bir hata olmadan işlemin başarıyla tamamlandığını belirtir. Bu detaylı açıklamada, "ihale_olustur" fonksiyonunun nasıl çalıştığını adım adım göstermektedir. Fonksiyon, öncelikle giriş parametrelerinin geçerliliğini kontrol eder. Eğer giriş parametreleri geçerliyse, yeni bir ihale hesabı oluşturur ve bu hesaba ihale bilgilerini kaydeder. Son aşamada, ihalenin oluşturulduğuna dair bir event yayınlar. Bu süreç, ihalenin güvenli ve tutarlı bir şekilde başlatılmasını sağlar. Başlangıç fiyatı ve süre kontrolleri, geçersiz ihalelerin oluşturulmasını engeller. İhale bilgilerinin bir Solana blokzincire kaydedilmesi, bu bilgilerin blokzincir üzerinde güvenli ve değiştirilemez bir şekilde kaydedilmesini sağlar.



Şekil 7.2 Akıllı sözleşme teklif verme akış şeması

Teklif Verme Süreci (teklif_ver)

1. Giriş Parametreleri

- `miktar`: Verilecek teklif miktarı (u64 türünde)

2. Kontroller

a) İhale İptal Edildi mi?

- Koşul: `! ctx.accounts.ihale.iptal_edildi`
- Amaç: İptal edilmiş bir ihaleye teklif verilmesini önlemek
- Hata Durumu: Eğer ihale iptal edilmişse, `IhaleIptalEdildi` hatası döndürülür

b) İhale Bitti mi?

- Koşul: `Clock::get()?.unix_timestamp < ctx.accounts.ihale.bitis_zamani`
- Amaç: Süresi dolmuş bir ihaleye teklif verilmesini önlemek
- Hata Durumu: Eğer ihale bitmişse, `IhaleBitti` hatası döndürülür

c) Teklif Yeterli mi?

- Koşul: `miktar> ctx.accounts.ihale.en_yuksek_teklif`
- Amaç: Verilen teklifin mevcut en yüksek tekliften daha yüksek olduğundan emin olmak
- Hata Durumu: Eğer teklif yetersizse, `YetersizTeklif` hatası döndürülür

d) Yeterli Bakiye var mı?

- Koşul: `ctx.accounts.teklif_veren.to_account_info(). lamports() >= miktar`
- Amaç: Teklif verenin hesabında yeterli bakiye olduğundan emin olmak
- Hata Durumu: Eğer bakiye yetersizse, `YetersizBakiye` hatası döndürülür

3. Önceki En Yüksek Teklifi İade Et

- Eğer önceki en yüksek teklif varsa (yani `ctx.accounts.ihale.en_yuksek_teklif > 0`), bu miktar önceki en yüksek teklif sahibine iade edilir

- İade işlemi, Solana'nın hesaplar arası transfer mekanizması kullanılarak gerçekleştirilir

4. Yeni Teklifi Kaydet

- `ctx.accounts.ihale.en_yuksek_teklif = miktar`
- `ctx.accounts.ihale.en_yuksek_teklif_sahibi = ctx.accounts.teklif_veren.key()`
- Teklif miktarı, teklif verenin hesabından ihale hesabına transfer edilir

5. Event Yayınlama

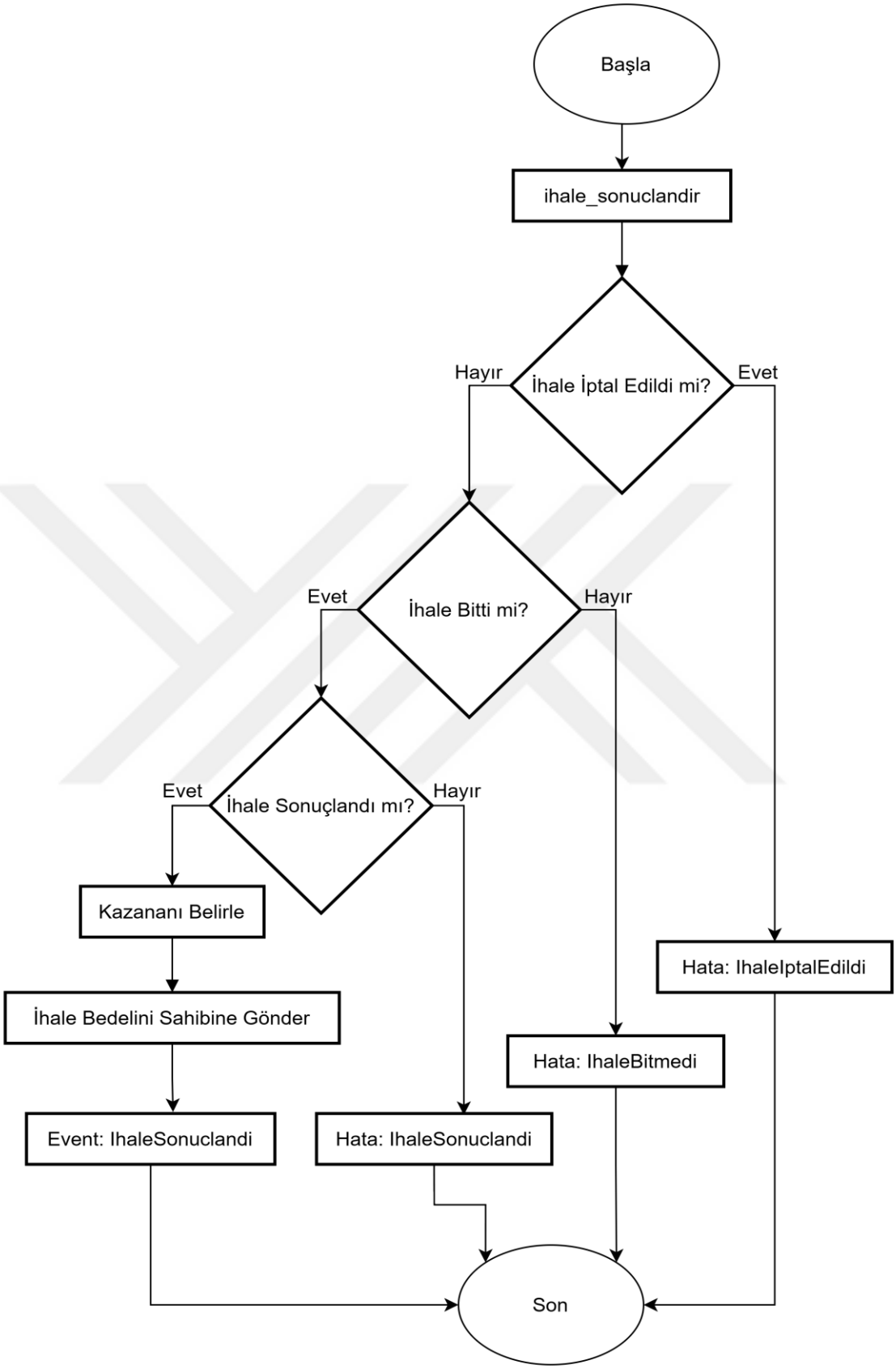
İşlem başarıyla tamamlandıktan sonra, `TeklifVerildi` event'i yayınlanır. Bu event şu bilgileri içerir

- `ihale`: İhale hesabının public key'i
- `teklif_veren`: Teklif verenin public key'i
- `miktar`: Verilen teklif miktarı

Şekil 7.2 Akıllı sözleşme teklif verme akış şemasındaki tüm adımlar başarıyla tamamlanırsa, fonksiyon `Ok(())` döndürür, yani herhangi bir hata olmadan işlemin başarıyla tamamlandığını belirtir. Bu detaylı açıklama, "teklif_ver" fonksiyonunun nasıl çalıştığını adım adım göstermektedir. Fonksiyon, öncelikle bir dizi kontrol gerçekleştirir.

1. İhalenin iptal edilmediği doğrulanır.
2. İhalenin süresinin varlığı kontrol edilir.
3. Verilen teklifin mevcut en yüksek tekliften yüksek olduğu doğrulanır.
4. Teklif verenin hesabında yeterli bakiyenin varlığı kontrol edilir.

Bu kontroller, teklif verme işleminin güvenli ve adil bir şekilde gerçekleşmesini sağlar. Bu süreç, ihalenin şeffaf ve güvenilir bir şekilde yürütülmesini sağlar. Önceki en yüksek teklifin iade edilmesi, kullanıcıların fonlarının güvende olmasını garanti eder. Yeni teklifin kaydedilmesi ve event yayınlanması, ihale durumunun güncel ve izlenebilir olmasını sağlar.



Şekil 7.3 Akıllı sözleşme ihale sonuçlandırma akış şeması

İhale Sonuçlandırma Süreci (ihale_sonuclandir)

1. Kontroller

a) İhale İptal Edildi mi?

- Koşul: `! ctx.accounts.ihale.iptal_edildi`
- Amaç: İptal edilmiş bir ihalenin sonuçlandırılmasını önlemek
- Hata Durumu: Eğer ihale iptal edilmişse, `IhaleIptalEdildi` hatası döndürülür

b) İhale Bitti mi?

- Koşul: `Clock::get()?.unix_timestamp >= ctx.accounts.ihale.bitis_zamani`
- Amaç: Süresi dolmamış bir ihalenin sonuçlandırılmasını önlemek
- Hata Durumu: Eğer ihale henüz bitmemişse, `IhaleBitmedi` hatası döndürülür

c) Sonuçlandı mı?

- Koşul: `ctx.accounts.ihale.kazanan.is_none()`
- Amaç: Bir ihalenin birden fazla kez sonuçlandırılmasını önlemek
- Hata Durumu: Eğer ihale zaten sonuçlandıysa, `IhaleSonuclandi` hatası döndürülür

2. Kazananı Belirleme

- En yüksek teklif sahibi kazanan olarak belirlenir
- `let kazanan = ctx.accounts.ihale.en_yuksek_teklif_sahibi;`
- `ctx.accounts.ihale.kazanan = Some(kazanan);`

3. İhale Bedelini Sahibine Gönderme

- En yüksek teklif miktarı, ihale hesabından ihale sahibine transfer edilir
- `let kazanan_teklif = ctx.accounts.ihale.en_yuksek_teklif;`
- Transfer işlemi, Solana'nın hesaplar arası transfer mekanizması kullanılarak gerçekleştirilir:

ctx.accounts.sahip.to_account_info(). try_borrow_mut_lamports ()? += kazanan teklif;

4. Event Yayınlama

İşlem başarıyla tamamlandıktan sonra, `IhaleSonuclandi` event'i yayınlanır. Bu event şu bilgileri içerir:

- `ihale`: İhale hesabının public key'i
- `kazanan`: Kazanan teklif sahibinin public key'i
- `kazanan_teklif`: Kazanan teklif miktarı

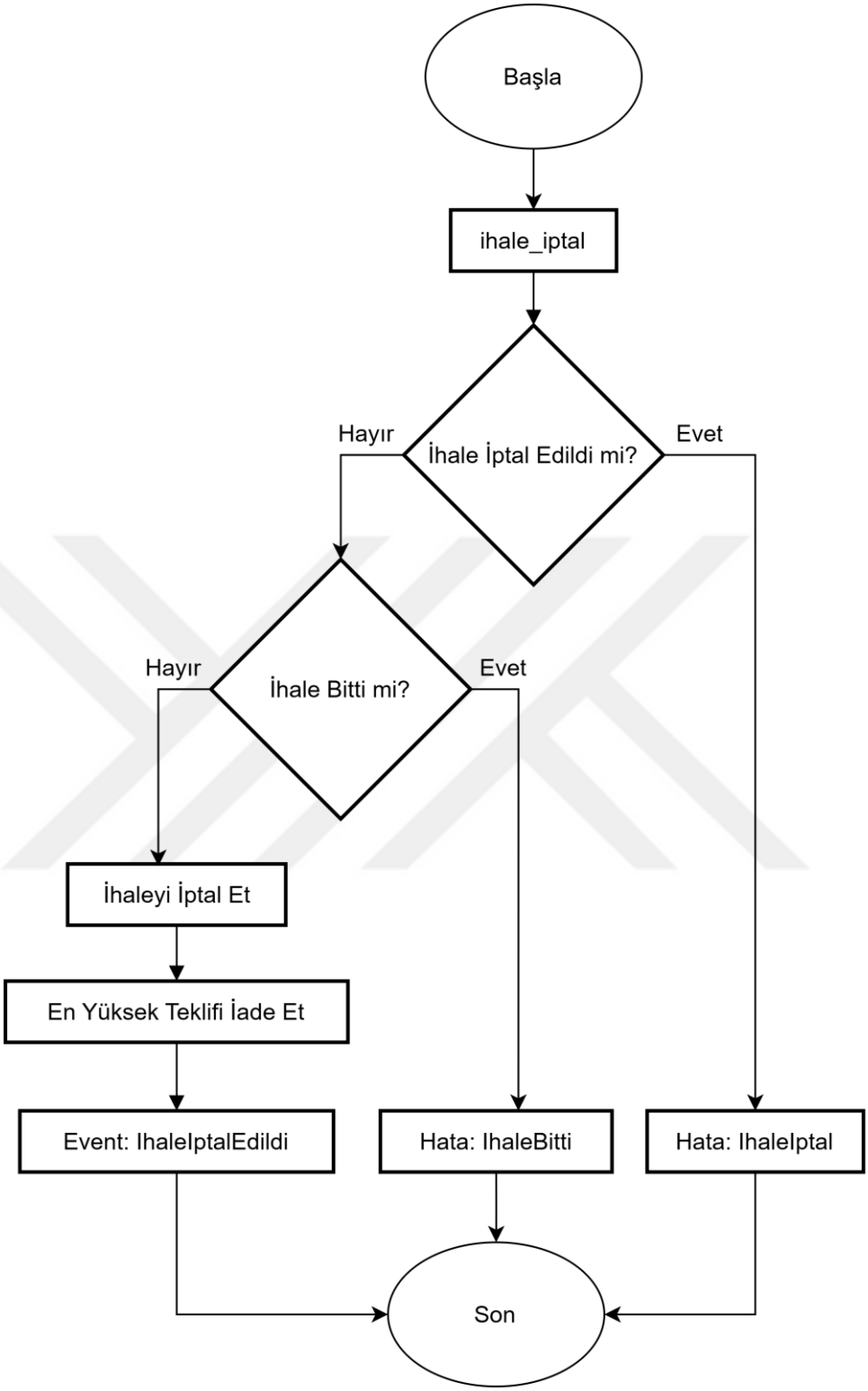
Şekil 7.3 Akıllı sözleşme ihale sonuçlandırma akış şemasında tüm adımlar başarıyla tamamlanırsa, fonksiyon `Ok(())` döndürür, yani herhangi bir hata olmadan işlemin başarıyla tamamlandığını belirtir. Bu detaylı açıklama, "ihale_sonuclandir" fonksiyonunun nasıl çalıştığını adım adım göstermektedir. Fonksiyon, öncelikle bir dizi kontrol gerçekleştirir:

1. İhalenin iptal edilmediği doğrulanır.
2. İhale süresinin dolduğu kontrol edilir.
3. İhalenin daha önce sonuçlandırılmadığı doğrulanır.

Bu kontroller, ihale sonuçlandırma işleminin güvenli ve adil bir şekilde gerçekleşmesini sağlar. Kontroller başarıyla geçilirse, fonksiyon şu adımları izler:

1. En yüksek teklif sahibini kazanan olarak belirler ve bu bilgiyi ihale hesabına kaydeder.
2. İhale bedelini (en yüksek teklif miktarını) ihale hesabından ihale sahibine transfer eder.
3. İhalenin sonuçlandığına dair bir event yayınlar.

Bu süreç, ihalenin şeffaf ve güvenilir bir şekilde sonuçlandırılmasını sağlar. Kazananın belirlenmesi ve ihale bedelinin transferi, ihalenin adil bir şekilde tamamlandığını garanti etmektedir. Event yayınlanması, ilgili tarafların ihale sonucundan haberdar olmasını sağlar ve ihalenin başarıyla tamamlandığını gösterir. Bu işlem sonrasında, ihale artık aktif değildir ve üzerinde başka işlemler yapılamaz.



Şekil 7.4 Akıllı sözleşme ihale iptal akış şeması

İhale İptal Süreci (ihale_iptal)

1. Giriş Noktası
    - Kullanıcı veya sistem tarafından ihale iptal isteği ile süreç başlatılır.

2. İlk Kontrol- İhale İptal Durumu
    - Fonksiyon: ihaleIptalKontrol()
    - Dönüş Değeri: Boolean (iptal_durumu)
    - İşlem: Veri tabanında ihale public key'i ile eşleşen kaydın iptal_durumu kontrol edilir.

3. İkinci Kontrol- İhale Bitiş Durumu
    - Fonksiyon: ihaleBitisKontrol()
    - Dönüş Değeri: Boolean (bitis_durumu)
    - İşlem: Veri tabanında ihale public key'i ile eşleşen kaydın bitis_zamani ile şu anki zaman karşılaştırılır.

4. İhale İptal İşlemi
    - Fonksiyon: ihaleIptalEt()
    - İşlem:
        - Veritabanında ihale public key'i ile eşleşen kaydın iptal_durumu true olarak güncellenir.
        - İptal_zamani şu anki zaman olarak kaydedilir.

5. En Yüksek Teklif İadesi işlemi
    - Fonksiyon: enYuksekTeklifIadeEt()
    - İşlem:
        - Veri tabanından ihale public key'i ile eşleşen en yüksek teklif bilgisi çekilir.
        - Teklif sahibinin hesabına iade işlemi gerçekleştirilir.
6. İptal Olayı Yayınla
    - Fonksiyon: ihaleIptalOlayiYayinla()
    - İşlem:
        - Sistem genelinde IhaleIptalEdildi olayı yayınlanır.

- Olay detayları (ihale public key'i, iptal_zamani, vb.) iletilir.

7. Hata Yönetimi
    - HataIhaleZatenIptal ve HataIhaleBitti durumlarında:
        - Hata logu oluşturulur.
        - Kullanıcıya uygun hata mesajı döndürülür.
        - İşlem sonlandırılır.

8. Sonlandırma
    - Tüm işlemler başarılı olduğunda:
        - İşlem logu oluşturulur.
        - Kullanıcıya başarılı işlem mesajı döndürülür.

Bu ihale iptal süreci, ihalenin güvenli bir şekilde iptal edilmesini, gerekli kontrollerin yapılmasını, uygun iade işlemlerinin gerçekleştirilmesini ve sisteme uygun bildirimlerin yapılmasını sağlar. Her adımda hata yönetimi ve loglama işlemleri gerçekleştirilerek sistem izlenebilirliği sağlanır.

7.2. Rust Programlama Dili ile Akıllı sözleşme Uygulaması

Blokzincir teknolojisi, merkeziyetsiz uygulamaların geliştirilmesinde giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Solana blokzincir üzerinde Rust programlama dili ve Anchor çerçevesi kullanılarak basit bir ihale akıllı sözleşmesinin nasıl geliştirileceğini inceleyeceğiz. Programlama için Solana Playground (https://beta.solpg.io/) kullanıldı. Bu platform, Solana akıllı sözleşmeleri geliştirmek ve test etmek için kullanılan web tabanlı bir araçtır. Aşağıda ayrıntılı açıklamaları ve resimleri verilmiştir.

Solana Playground ekranına ait olan Şekil 7.5 ve Şekil 7.6'nin ayrıntılı açıklamaları aşağıda anlatılmıştır.

1) Şekil 7.5 Explorer kullanım açıklaması aşağıda anlatılmıştır.

Dosya Yönetimi:

- Sol taraftaki dosya gezgini kullanılarak yeni dosyalar oluşturulabilir, mevcut dosyalar düzenlenilebilir.

Yeni Proje Oluşturma:

- Sol tarafta dosya gezgini bulunur. Burada projedeki dosyalar görebilir ve yönetilebilir.
- "New Project" butonuna ile başlatılır.
- Proje adı girilir. Projemiz otomatik olarak oluşturulur ve temel dosyalar eklenir.

Kod Yazma:

- src/lib.rs dosyası programımızın ana dosyasıdır.
- Rust dilinde akıllı sözleşme programı yazılabilir.

Derleme:

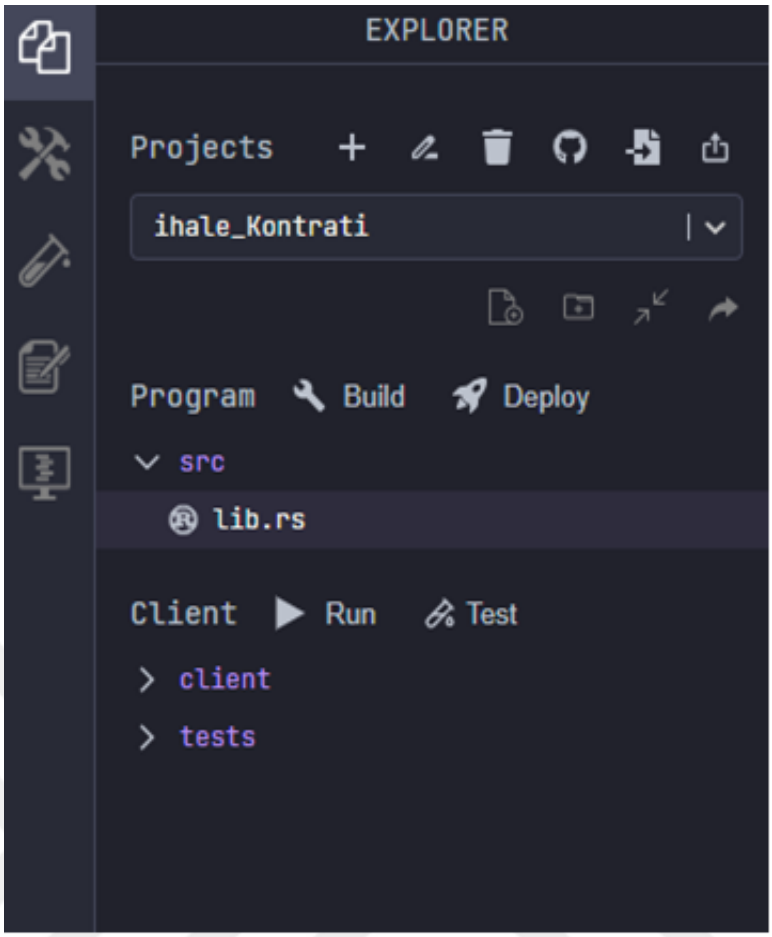
- Üst menüden "Build" butonuna tıklanır.
- Kodlar derlenir ve hatalar varsa konsol kısmında gösterilir.

Programı Dağıtma (Deploy):

- "Deploy" butonuna tıklanır. Program, Solana devnet'e dağıtılır.
- İşlem başarılı olursa, program ID'si konsol kısmında gösterilir.

Test Etme:

- tests/test.ts dosyasına TypeScript kullanarak program için testler yazılır.
- "Run Tests" butonuna tıklayarak testler çalıştırılır.



Şekil 7.5. Explorer ekran görüntüsü

2) Şekil 7.6 Test ekranının kullanımı aşağıda anlatılmıştır.

Şekil 7.6 Solana ihale akıllı sözleşme projesinin test ekranı arayüzünü, programın yapısını ve işlevlerini tasvir etmektedir.

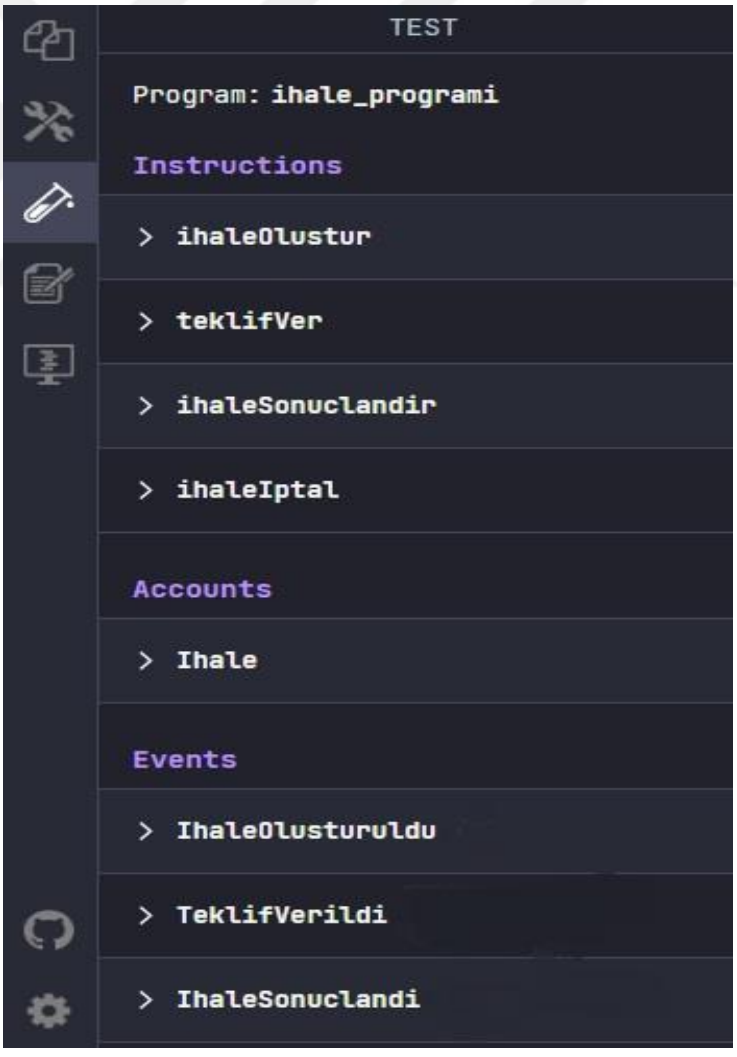
- Talimatlar:
  - ihaleOlustur: Yeni bir ihale oluşturmak için kullanılan fonksiyon.
  - teklifVer: Bir ihaleye teklif vermek için kullanılan fonksiyon.
  - ihaleSonuclandir: İhaleyi sonlandırmak ve kazananı belirlemek için kullanılan fonksiyon.
  - ihaleIptal: İhaleyi iptal etmek için kullanılan fonksiyon.

- Hesaplar:
  - Ihale: İhale ile ilgili tüm bilgileri (başlangıç tarihi, bitiş tarihi, en yüksek teklif vb.) tutan hesap.

- Etkinlikler:
    - IhaleOlusturuldu: Yeni bir ihale oluşturulduğunda tetiklenen olay.
    - TeklifVerildi: Bir ihaleye yeni bir teklif verildiğinde tetiklenen olay.
    - IhaleSonuclandi: İhale sonuçlandırıldığında tetiklenen olay.

3) Ayarlar:
    - "Settings" menüsünden çeşitli yapılandırmalar değiştiribilir. Örneğin, kullanılmak istenilen Solana cluster'ı (devnet, testnet, mainnet) seçilebilir.

Solana Playground kod yazma, derleme, dağıtma ve test etme işlemlerini tek bir platformda gerçekleştirilebilir.



Şekil 7.6. Test ekranı görüntüsü

7.2.1. Akıllı sözleşmenin test edilme aşaması

- **Parametreler**

    - baslangicFiyati: İhalenin başlangıç fiyatını belirtiyor. Başlangıç fiyatı, 64 bitlik bir unsigned integer.
    - sure: İhalenin süresini saniye cinsinden belirtiyor. Süre, 64 bitlik bir signed integer.

- **Hesaplar**

    - ihale: Yeni oluşturulacak ihaleye karşılık gelen hesap. İhaleye ait public key, mut olarak işaretlenmiş, yani değiştirilebilir.
    - sahip: İhaleyi oluşturan kullanıcının hesabı. İhale sahibinin public key'i, mut ve signer olarak işaretlenmiş, yani değiştirilebilir ve imza yetkisi olan.
    - systemProgram: Solana ağının sistem programı, hesap oluşturmak gibi temel işlemler için kullanılıyor. Sistem programının public key'i.

- **İşlem Akışı**

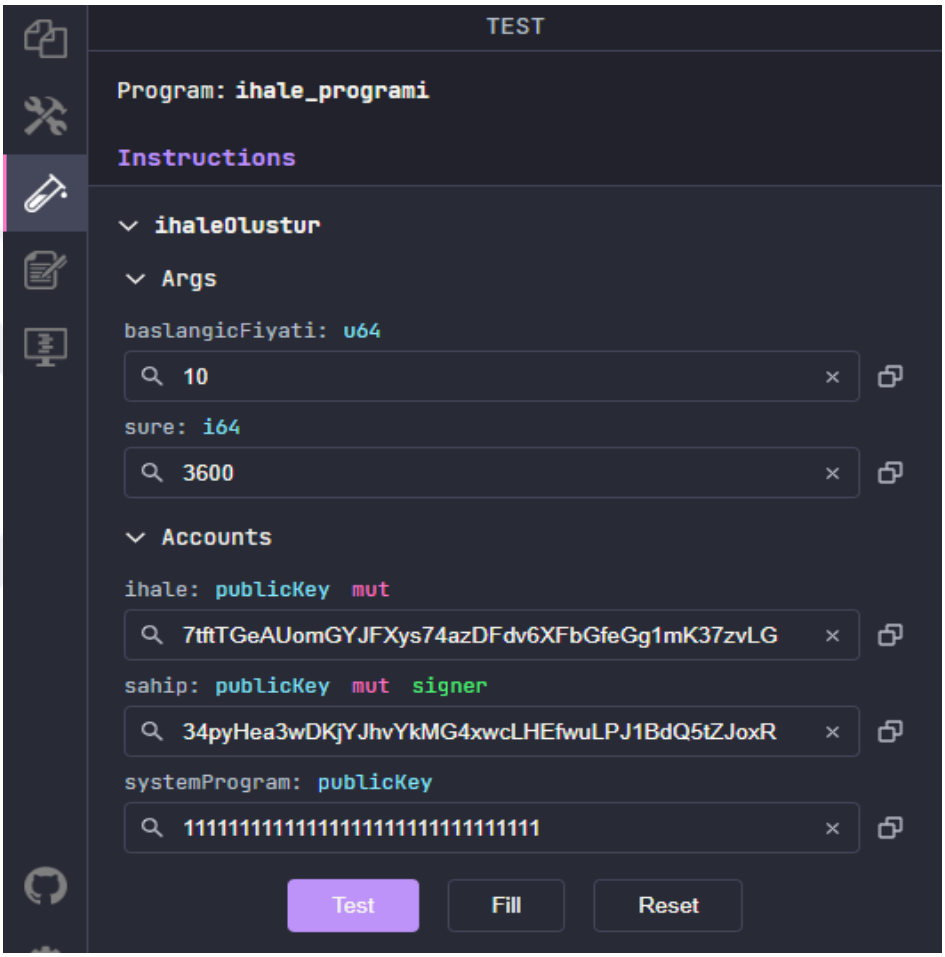
İhale oluşturma işlemi başlatıldığında, ihale hesabı yeni bir hesap olarak oluşturulur ve aşağıda belirtilen parametrelerle ihale başlatılır. Sahip hesabı, işlemin başlatılması için imzaladığında, ihalenin sahibi olarak kaydedilir. Aşağıdaki şekillerin altında yazılı parametreler ile ihaleye teklif verilir. İhale sahibi tarafından ihale sonuçlandırılır veya iptal edilir.

Eşit iki teklif durumunda oluşan durum aşağıda açıklanmıştır.

İlk teklif veren kişinin teklifi kabul edilir. Bu teklif, en_yuksek_teklif olarak kaydedilir. Teklif verenin adresi en_yuksek_teklif_sahibi olarak kaydedilir. Aynı miktarda ikinci teklif yapılması durumunda yeni teklifin mevcut en yüksek tekliften büyük olması şartı kontrol edilir. Yeni teklif mevcut en yüksek teklife eşit olduğundan, bu kontrol başarısız olur. Program

IhaleHatasi::YetersizTeklif hatasını döndürür. İkinci teklif reddedilir ve ihale durumu değişmez. İlk teklif veren kişi, aynı miktardaki teklifi veren diğer kişiye göre avantajlı durumda olur. Bu durum, birçok ihale sisteminde de yaygın olarak kullanılan "ilk gelen kazanır" prensibiyle uyumludur.

1-) İhale Oluşturma

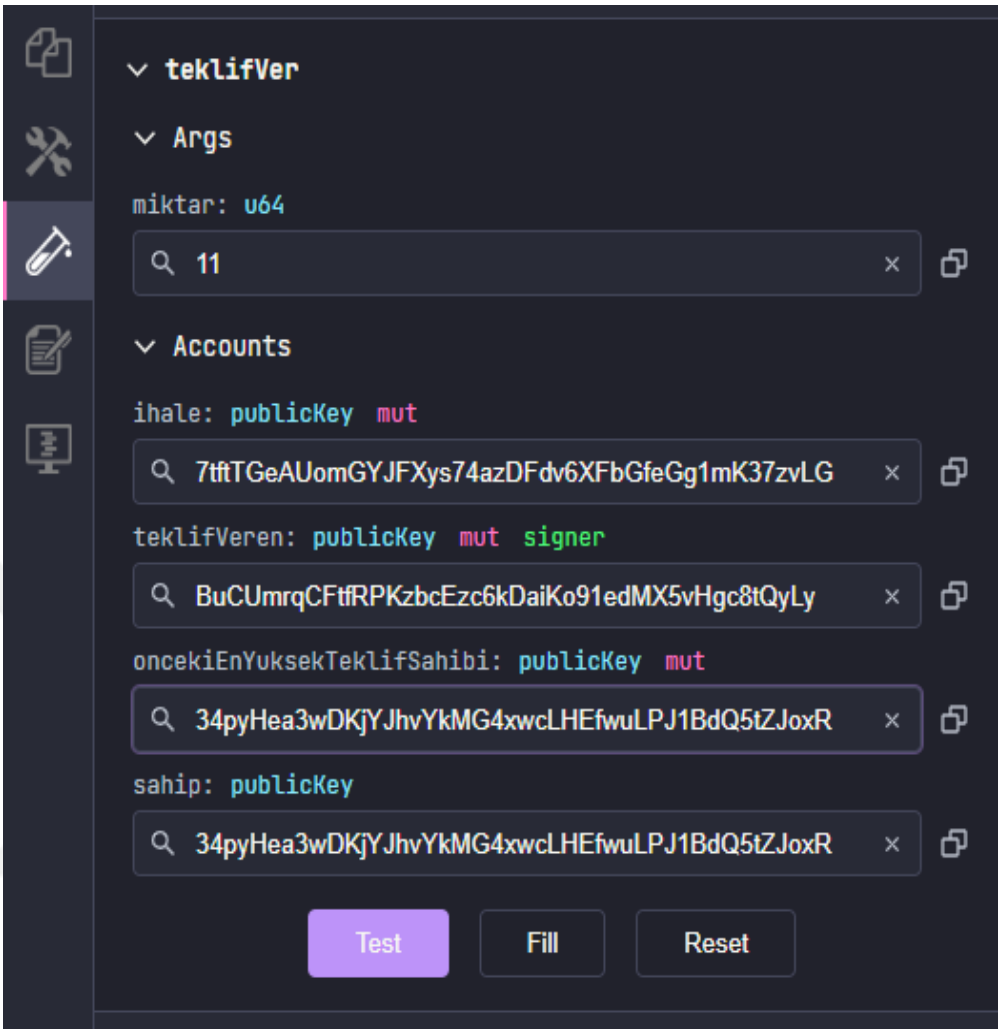


Şekil 7.7. İhale oluşturma ekranı görüntüsü

Aşağıdaki parametrelerle ihale oluşturulur.

Başlangıç fiyatı: 10 sol
Süre: 3600 sn
İhale publickey: 7tftTGeAUomGYJFXys74azDFdv6XFbGfeGg1mK37zvLG
Sahip publickey: 34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR
Systemprogram publickey: 11111111111111111111111111111111

2-) Teklif 1



Şekil 7.8. İhale oluşturma ekranı görüntüsü

Aşağıdaki parametrelerle ihaleye 1.teklif verilir.

Miktar: 11 sol

İhale publickey: 7tftTGeAUomGYJFXys74azDFdv6XFbGfeGg1mK37zvLG

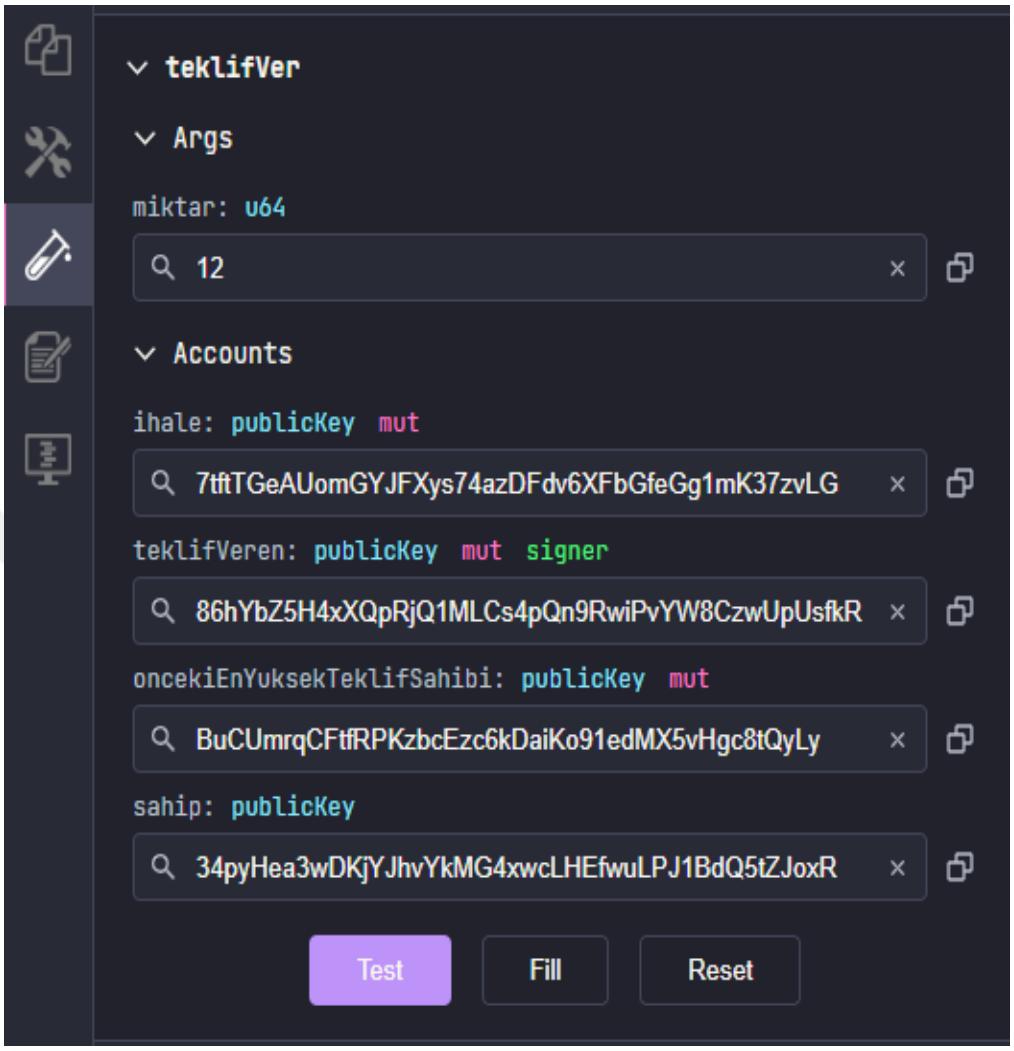
Teklif veren publickey: BuCUmrqCFtfRPKzbcEzc6kDaiKo91edMX5vHgc8tQyLy

Önceki en yüksek teklif sahibi:

34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR

Sahip publickey: 34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR

3-) Teklif 2

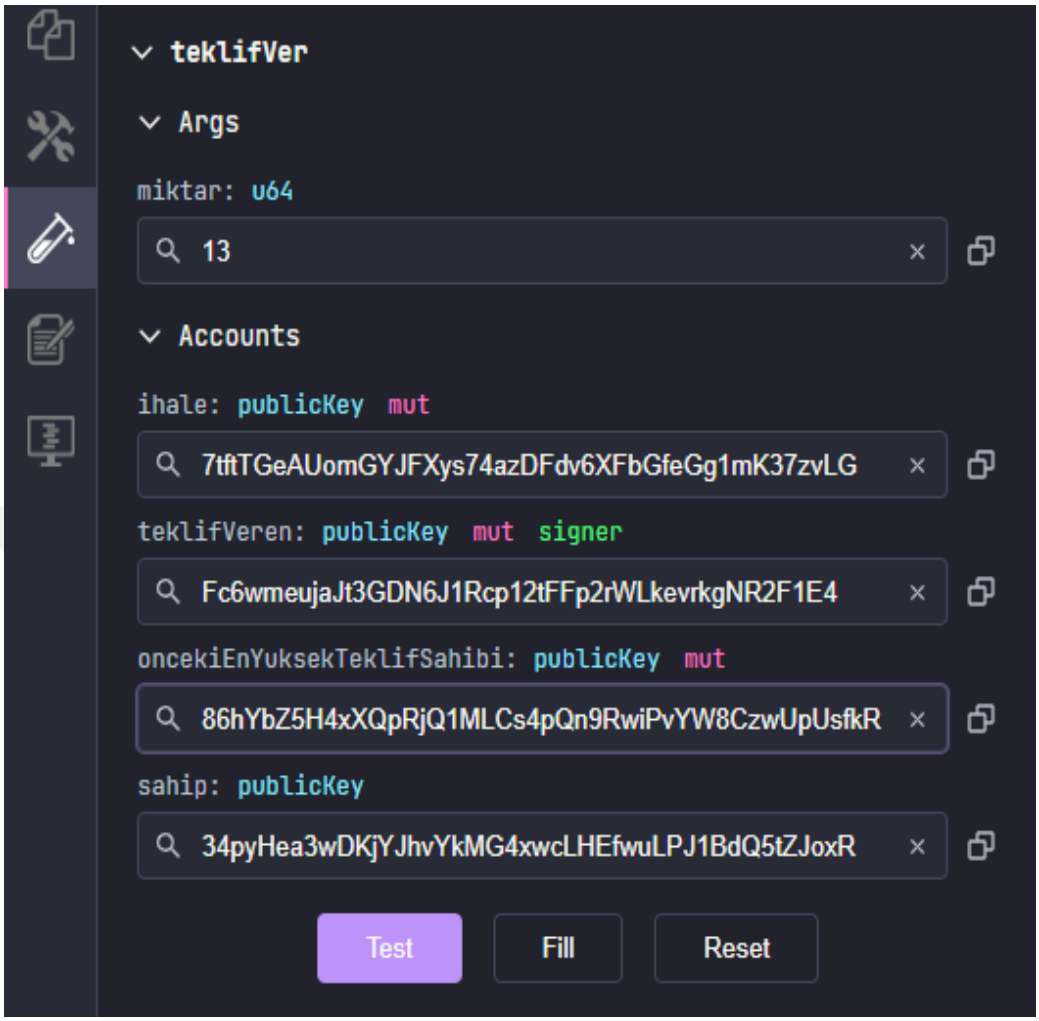


Şekil 7.9. İhale oluşturma ekranı görüntüsü

Aşağıdaki parametrelerle ihaleye 2.teklif verilir.

Miktar: 12sol
İhale publickey: 7tftTGeAUomGYJFXys74azDFdv6XFbGfeGg1mK37zvLG
Teklif veren publickey: 86hYbZ5H4xXQpRjQ1MLCs4pQn9RwiPvYW8CzwUpUsfkR
Önceki en yüksek teklif sahibi:
BuCUmrqCFtfRPKzbcEzc6kDaiKo91edMX5vHgc8tQyLy
Sahip publickey: 34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR

4-) Teklif 3



Şekil 7.10. İhale oluşturma ekranı görüntüsü

Aşağıdaki parametrelerle ihaleye 3.teklif verilir.

Miktar: 13sol

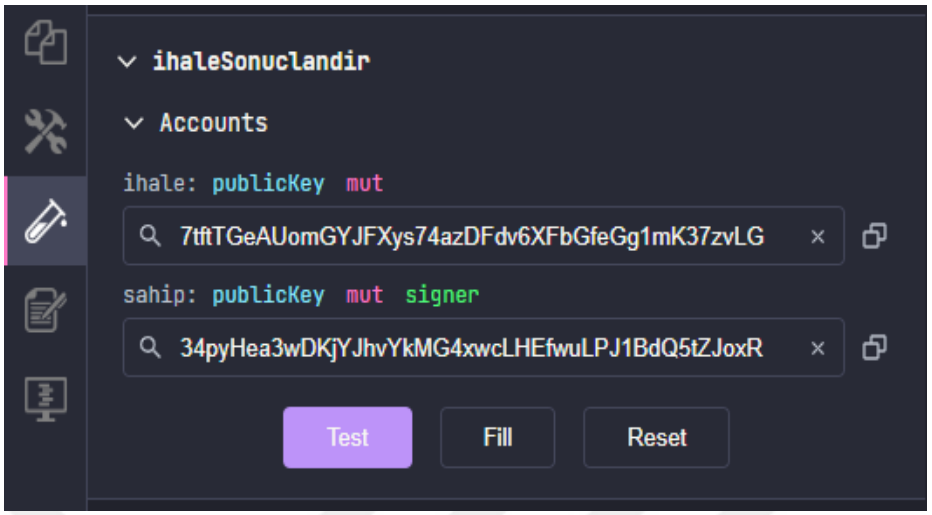
İhale publickey: 7tftTGeAUomGYJFXys74azDFdv6XFbGfeGg1mK37zvLG

Teklif veren publickey: Fc6wmeujaJt3GDN6J1Rcp12tFFp2rWLkevrkgNR2F1E4

Önceki en yüksek teklif sahibi:
86hYbZ5H4xXQpRjQ1MLCs4pQn9RwiPvYW8CzwUpUsfkR

Sahip publickey: 34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR

5-) İhale Sonuçlandır

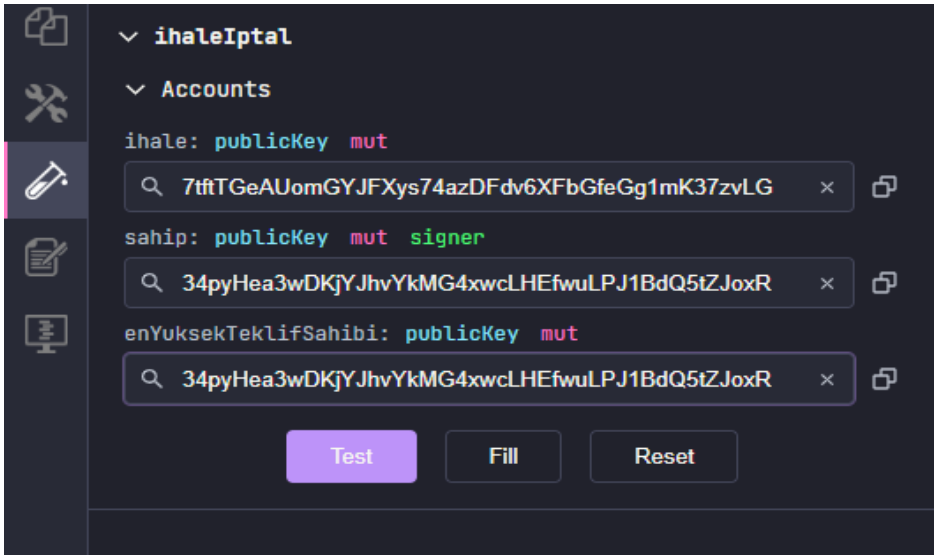


Şekil 7.11. İhale sonuçlandırma ekranı görüntüsü

Aşağıdaki parametrelerle ihale sonuçlandırılır.

İhale publickey: 7tftTGeAUomGYJFXys74azDFdv6XFbGfeGg1mK37zvLG
Sahip publickey: 34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR

6-) İhale iptal



Şekil 7.12. İhale iptal ekranı görüntüsü

Aşağıdaki parametrelerle ihale iptal edilir.

İhale publickey: 7tftTGeAUomGYJFXys74azDFdv6XFbGfeGg1mK37zvLG
Sahip publickey: 34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR

İhale teklif tablosunun açıklaması aşağıda verilmiştir.

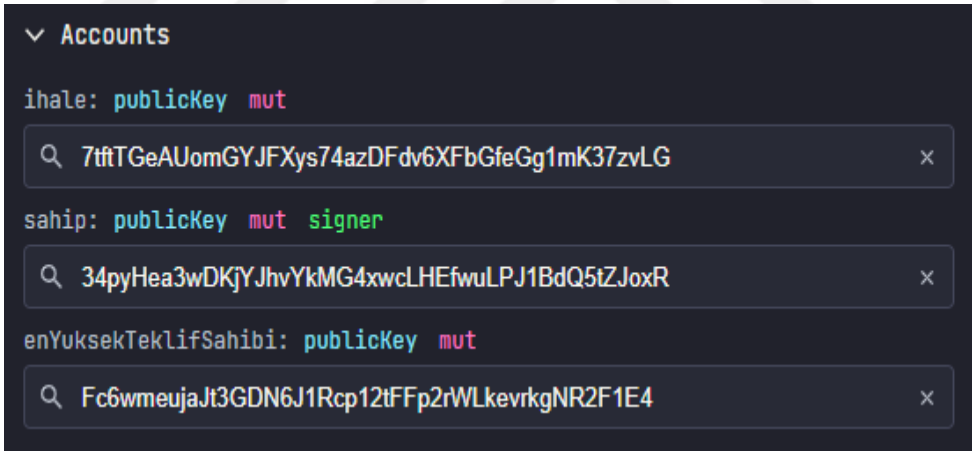
1. Her satır bir teklifi temsil ediyor.
2. İhale publickey'i tüm teklifler için aynı, çünkü hepsi aynı ihaleye teklif yapılıyor.
3. İhale sahibi publickey'i sabit, çünkü ihale sahibi değişmiyor.
4. Teklif veren publickey'i her satırda farklı, her satır farklı kişiyi temsil ediyor.
5. Fiyatlar SOL cinsinden verilmiştir.
6. İhale sona erdiğinde en yüksek teklifi veren kişi ihaleyi kazanacak.
7. İhaleyi kazanan hesap Enyuksekteklifsahibi olacaktır.

Çizelge 7.1. İhale_1 teklif çizelgesi

Sıra No	İhale Publickey	İhale Sahibi Publickey	Teklif Veren Publickey	Fiyat (SOL)
1	7tftTGeAUomGYJFXys74azDFdv6XFbGfeGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR	9pQmF5HtA8kdvzEhW7GnGjVcf5xj26GXibkgNKGC3BZM	10.5
2	7tftTGeAUomGYJFXys74azDFdv6XFbGfeGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR	2nKj7LYQhCY5xqwYnQKgzBZfg6Bz6GSj7RRnQGSHMR5F	10.2
3	7tftTGeAUomGYJFXys74azDFdv6XFbGfeGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR	5tGhP9Z9JTVKkv3QS3Ys4f3pqxEaF5LzXGPM4JBxrWYH	10.3
4	7tftTGeAUomGYJFXys74azDFdv6XFbGfeGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR	8mNbV4XyXZqpbkFqnNvFZzBcZEFXgRY9WXdYmcQH1BLP	10.6
5	7tftTGeAUomGYJFXys74azDFdv6XFbGfeGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR	Fc6wmeujaJt3GDN6J1Rcp12tFFp2rWLkevrkgNR2F1E4	13
6	7tftTGeAUomGYJFXys74azDFdv6XFbGfeGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhvYkMG4xwcLHEfwuLPJ1BdQ5tZJoxR	4yHjK2NQFxL9BqA3ZG7nXLhZv3E3WYRMmwPxQE1vtRW7	10.8

7	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	34pyHea3wDKjYJhvY kMG4xwcLHEfwuLPJ 1BdQ5tZJoxR	10.88
8	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	BuCUmrqCFtfRPKzbc Ezc6kDaiKo91edMX5 vHgc8tQyLy	11
9	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	86hYbZ5H4xXQpRjQ 1MLCs4pQn9RwiPvY W8CzwUpUsfkR	12
10	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	1qRsT6QvfWSM2JZ9 QFE3Xr4Vz5UgT7hN nEV6eRQkzvxJ	10.7

Çizelge 7.1. İhale_1 teklif çizelgesinde görüldüğü üzere ihaleye 10 teklif verilmiştir. Bu tekliflerden en yüksek teklifi veren publickey'i: Fc6wmeujaJt3GDN6J1Rcp12tFFp2rWLkevrkgNR2F1E4 olan hesap sahibi ihaleyi kazanmıştır. Şekil 7.13'te görülmektedir.



Şekil 7.13. İhale_1 kazanan ekran görüntüsü

Çizelge 7.2. İhale2 teklif çizelgesi

Sıra No	İhale Publickey	İhale Sahibi Publickey	Teklif Veren Publickey	Fiyat (SOL)
1	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	9pQmF5HtA8kdvzEh W7GnGjVcf5xj26G XibkgNKGC3BZM	10.5
2	7tftTGeAUomGYJF	34pyHea3wDKjYJhv	2nKj7LYQhCY5xqw	10.2

	Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	YnQKgzBZfg6Bz6G Sj7RRnQGSHMR5F	
3	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	5tGhP9Z9JTVKkv3Q S3Ys4f3pqxEaF5Lz XGPM4JBxrWYH	10.3
4	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	8mNbV4XyXZqpbkF qnNvFZzBcZEFXgR Y9WXdYmcQH1BL P	10.6
5	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	1qRsT6QvfWSM2JZ 9QFE3Xr4Vz5UgT7 hNnEV6eRQkzvxJ	10.7
6	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	4yHjK2NQFxL9BqA 3ZG7nXLhZv3E3W YRMmwPxQE1vtR W7	10.8
7	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	10.88
8	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	BuCUmrqCFtfRPKz bcEzc6kDaiKo91ed MX5vHgc8tQyLy	11
9	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	86hYbZ5H4xXQpRj Q1MLCs4pQn9RwiP vYW8CzwUpUsfkR	12
10	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	691B3zqecb3L2ToE7 kdoEv4scb84aMUhiS He8qxeNcjL	15.5
11	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	HSd366PMEvhS3mr XxHaWmYVQwusU wQSzPjny8q8s5WZr	13.5
12	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	2oCHYKz5nCq76tk WS12vQomyFqbcpv nhWk9XgfL1DqUN	14
13	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	FN5kr89Y7dYJqddL e3kJYJkTTa3vmWZ 1N3Q6tZFw2xqK	14.6
14	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	6naTTkeUNfS3gGkT EcP6cJ4wEQJZJE64 MXGfVKrjvytu	15

15	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	Fc6wmeujaJt3GDN6 J1Rcp12tFFp2rWLke vrkgNR2F1E4	13

Çizelge 7.2. İhale_2 teklif çizelgesinde görüldüğü üzere ihaleye 15 teklif verilmiştir. Bu tekliflerden en yüksek teklifi veren publickey'i: 691B3zqecb3L2ToE7kdoEv4scb84aMUhiSHe8qxeNcjL olan hesap sahibi ihaleyi kazanmıştır. Şekil 7.14'te görülmektedir.

Şekil 7.14. İhale_2 kazanan ekran görüntüsü

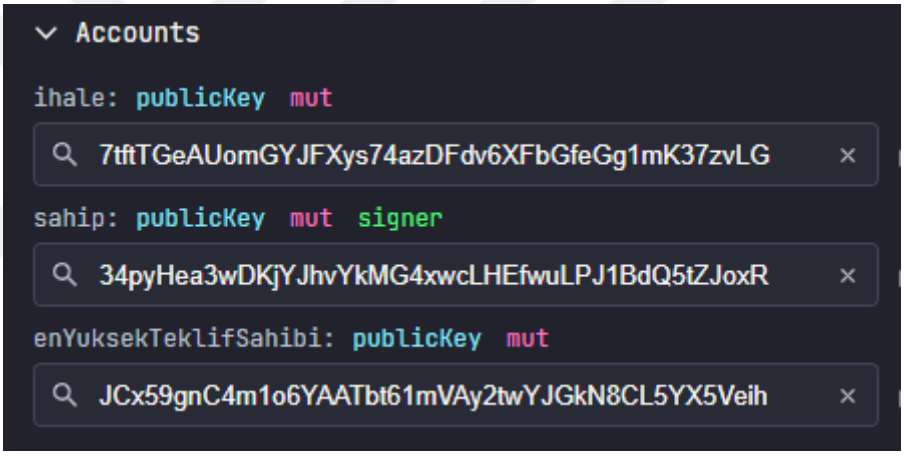
Çizelge 7.3. İhale3 teklif çizelgesi

Sıra No	**İhale Publickey**	**İhale Sahibi Publickey**	**Teklif Veren Publickey**	**Fiyat (SOL)**
1	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	9pQmF5HtA8kdvzEh W7GnGjVcf5xj26GXi bkgNKGC3BZM	10.5
2	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	2nKj7LYQhCY5xqwY nQKgzBZfg6Bz6GSj7 RRnQGSHMR5F	10.2
3	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	5tGhP9Z9JTVKkv3QS 3Ys4f3pqxEaF5LzXG PM4JBxrWYH	10.3
4	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	8mNbV4XyXZqpbkFq nNvFZzBcZEFXgRY9 WXdYmcQH1BLP	10.6

5	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	1qRsT6QvfWSM2JZ9 QFE3Xr4Vz5UgT7hN nEV6eRQkzvxJ	10.7
6	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	4yHjK2NQFxL9BqA3 ZG7nXLhZv3E3WYR MmwPxQE1vtRW7	10.8
7	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	34pyHea3wDKjYJhvY kMG4xwcLHEfwuLPJ 1BdQ5tZJoxR	10.88
8	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	BuCUmrqCFtfRPKzbc Ezc6kDaiKo91edMX5 vHgc8tQyLy	11
9	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	86hYbZ5H4xXQpRjQ 1MLCs4pQn9RwiPvY W8CzwUpUsfkR	12
10	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	Fc6wmeujaJt3GDN6J1 Rcp12tFFp2rWLkevrk gNR2F1E4	13
11	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	HSd366PMEvhS3mrX xHaWmYVQwusUwQ SzPjny8q8s5WZr	13.5
12	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	2oCHYKz5nCq76tkW S12vQomyFqbcpvnhW k9XgfL1DqUN	14
13	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	FN5kr89Y7dYJqddLe3 kJYJkTTa3vmWZ1N3 Q6tZFw2xqK	14.6
14	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	6naTTkeUNfS3gGkTE cP6cJ4wEQJZJE64MX GfVKrjvytu	15
15	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	JCx59gnC4m1o6YAA Tbt61mVAy2twYJGk N8CL5YX5Veih	18
16	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	HP8VcDahbwkQw82E FZ9F2nvass5C6b1dW SWWXRNN74v	16
17	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	9r6mbD4ytbbGgpMVa AzNB4wSR9EYojxdH 964mhhguXVJ	16.5
18	7tftTGeAUomGYJF	34pyHea3wDKjYJhv	8EBrHsRJP39sX94ME	16.8

	Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	sC2mocSNmPcVcf7iH mH6r87bj2X	
19	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	41U8C5akLhG8ECZU 5oWSTPN6CWvEPbd 2GLrCjeqgqGSh	17
20	7tftTGeAUomGYJF Xys74azDFdv6XFbG feGg1mK37zvLG	34pyHea3wDKjYJhv YkMG4xwcLHEfwu LPJ1BdQ5tZJoxR	691B3zqecb3L2ToE7k doEv4scb84aMUhiSHe 8qxeNcjL	15.5

Çizelge 7.3. İhale_3 teklif çizelgesinde görüldüğü üzere ihaleye 20 teklif verilmiştir. Bu tekliflerden en yüksek teklifi veren publickey'i: JCx59gnC4m1o6YAATbt61mVAy2twYJGkN8CL5YX5Veih olan hesap sahibi ihaleyi kazanmıştır. Şekil 7.15'te görülmektedir.



Şekil 7.15. İhale_3 kazanan ekran görüntüsü

7.3. Yapılan Çalışma ve Uygulama Alanı

7.3.1.Yapılan çalışma

Bu ihale akıllı sözleşme uygulaması, Solana blokzincir üzerinde açık artırmaların oluşturulması ve yönetilmesi için bir akıllı sözleşme programı geliştirmenin yöntemlerini araştırmaktadır. Anchor çerçevesi kullanılarak geliştirilen bu program, güvenli, verimli ve şeffaf bir açık artırma süreci sağlamaktadır. Bu çalışma açık artırma oluşturma, teklif verme ve açık artırmayı sonuçlandırma işlemlerini kapsayan temel işlevlerin uygulanmasını ve bu işlevlerin teknik detaylarını ele almaktadır.

Blokzincir teknolojisi, çeşitli endüstrilerde merkeziyetsiz uygulamaların geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Solana, yüksek performanslı bir blokzincir platformu olarak, düşük işlem ücretleri ve hızlı işlem süreleri ile dikkat çekmektedir. Bu çalışma, Solana üzerinde elektronik ihale akıllı sözleşmesi geliştirmenin teknik yönlerini ve uygulama sürecini incelemektedir. Anchor çerçevesi, Solana programlarının geliştirilmesini ve yönetilmesini kolaylaştıran bir çerçeve sunar. Bu çalışmada, Solana üzerinde açık artırma programı geliştirmek için Anchor çerçevesi kullanılmıştır. Program üç ana işlevi içerir; açık artırma oluşturma, teklif verme ve açık artırmayı sonuçlandırma.

Açık Artırma Oluşturma: Açık artırma oluşturma işlevi, bir başlangıç fiyatı ve süre ile yeni bir açık artırma başlatır. Bu işlev, açık artırmanın sahibini, başlangıç fiyatını, en yüksek teklifi, en yüksek teklif sahibini ve açık artırmanın bitiş zamanını ayarlar.

Teklif ve Sonuçlar: Teklif verme işlevi, belirli bir miktar ile yeni bir teklif yapılmasını sağlar. Bu işlev, yeni teklifin mevcut en yüksek teklifi geçip geçmediğini ve açık artırmanın süresinin dolup dolmadığını kontrol eder. 3 ihale açıldı. Açılan 1.ihaleye 10 teklif geldi. En yüksek teklifi 10 sol teklifi ile publickey sahibi Fc6wmeujaJt3GDN6J1Rcp12tFFp2rWLkevrkgNR2F1E4 olan hesap kazandı. Açılan 2.ihaleye 15 teklif geldi. En yüksek teklifi 15.5 sol teklifi ile publickey sahibi 691B3zqecb3L2ToE7kdoEv4scb84aMUhiSHe8qxeNcjL olan hesap kazandı. Açılan 3.ihaleye 20 teklif geldi. En yüksek teklifi 18 sol teklifi ile publickey sahibi JCx59gnC4m1o6YAATbt61mVAy2twYJGkN8CL5YX5Veih olan hesap kazandı.

Açık Artırmayı Sonuçlandırma: Açık artırmayı sonuçlandırma işlevi, açık artırmanın sona erdiğini ve kazananın belirlenmesini sağlar. Bu işlev, açık artırmanın süresinin dolup dolmadığını ve daha önce sonuçlandırılıp sonuçlandırılmadığını kontrol eder.

7.3.2.Akıllı sözleşme uygulama alanı

1. Dijital sanat eserleri ve NFT satışları

- Açıklama: Dijital sanat eserleri ve NFT'ler (Non-Fungible Tokens) için açık artırmalar düzenlenebilir.

- Örnek: Sanatçılar, eserlerini açık artırmaya çıkararak en yüksek teklifi veren alıcıya satabilirler.

2. E-ticaret

- Açıklama: E-ticaret siteleri veya ikinci el ürün satışı yapan platformlar, ürünlerini açık artırma yoluyla satabilirler.
- Örnek: Alıcılar, elektronik cihazlar, koleksiyon ürünleri veya moda ürünleri için teklif verebilirler.

3. Gayrimenkul satışları

- Açıklama: Gayrimenkul satışları için açık artırma düzenlenebilir.
- Örnek: Ev sahipleri veya emlak şirketleri, mülklerini açık artırma ile satabilir.

4. Oyun ve sanal eşyalar

- Açıklama: Oyun içi eşyalar veya sanal varlıklar açık artırma ile satılabilir.
- Örnek: Oyuncular, nadir bulunan eşyalar veya karakterler için teklif verebilirler.

5. Yardım ve hayır kurumları

- Açıklama: Hayır kurumları, bağış toplamak amacıyla açık artırmalar düzenleyebilir.
- Örnek: Ünlülerin bağışladığı eşyalar açık artırmaya çıkarılabilir.

6. Spor ve eğlence endüstrisi

- Açıklama: Spor etkinlikleri, konserler ve diğer eğlence etkinlikleri için özel biletler açık artırma ile satılabilir.
- Örnek: VIP biletler için açık artırma yapılabilir.

7. Lisans ve patent satışları

- Açıklama: Teknoloji şirketleri veya bireyler, lisans ve patentlerini açık artırma ile satabilir.
- Örnek: Yeni bir teknoloji patenti, en yüksek teklifi veren şirkete veya bireye satılabilir.

8. Çevrimiçi eğitim ve danışmanlık

- Açıklama: Eğitimciler ve danışmanlar, özel ders veya danışmanlık hizmetlerini açık artırma ile satabilir.
- Örnek: Ünlü bir eğitimci, özel ders saatlerini açık artırmaya çıkarabilir.

9. Yazılım ve hizmet satışları

- Açıklama: Yazılım geliştiriciler veya hizmet sağlayıcılar, projelerini veya hizmetlerini açık artırma ile satabilir.

- Örnek: Özel yazılım geliştirme projeleri veya danışmanlık hizmetleri için teklif verilebilir.

10. Yatırım ve finans

- Açıklama: Yatırım fonları veya diğer finansal varlıklar açık artırma ile satılabilir.
- Örnek: Özel yatırım fırsatları veya finansal ürünler için teklif verilebilir.

11. Devlet hizmet alımları

- Açıklama: Devletler hizmet veya mal alımlarını açık artırma ile yapabilir. Şeffaflık ve güvenilirlik sağlar.
- Örnek: Devletler özel sektör projeleri veya danışmanlık hizmetleri için alım yapabilir.

Bu açık artırma akıllı sözleşme programı, merkeziyetsiz yapısı ve güvenliği sayesinde birçok farklı alanda kullanıma uygundur. Program, kullanıcıların şeffaf ve adil bir şekilde açık artırmalara katılmasını sağlar ve bu nedenle geniş bir uygulama alanına sahiptir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tezde yapılan çalışmada, Solana blokzincirinde Rust yazılım dili ve Anchor altyapısı kullanılarak basit bir ihale akıllı sözleşmesinin nasıl geliştirilebileceği gösterilmiştir. Akıllı ihale sözleşmesi, ihale oluşturma, teklif verme ve ihaleyi sonuçlandırma gibi temel işlevleri içermektedir. Solana'nın yüksek performansı ve Rust'ın güvenliği, Anchor'un programlama altyapısı, bu çalışma ve uygulamalar için ideal bir kombinasyon sunmaktadır. Anchor altyapısı ise geliştirme sürecini önemli ölçüde basitleştirerek, geliştiricilerin daha verimli ve güvenli çalışmalar yapmasına olanak tanımaktadır. Bu çalışma üzerinden ilerlenerek, daha karmaşık iş mantıklarını içeren güvenli ve ölçeklenebilir merkeziyetsiz uygulamalar geliştirilebilir.

Geliştirilen açık artırma programı, Solana blokzincir üzerinde güvenli ve şeffaf bir şekilde çalışmaktadır. Anchor altyapısı kullanılarak, programın geliştirilmesi ve yönetimi önemli ölçüde kolaylaştırılmıştır. Bu çalışma, merkeziyetsiz açık artırma uygulamaları için bir temel oluşturmakta ve daha geniş uygulama alanlarına yönelik potansiyel taşımaktadır. Solana blokzincir üzerinde açık artırmaların yönetimi için geliştirilen bu program, yüksek performanslı ve düşük maliyetli bir çözüm sunmaktadır. Anchor çerçevesi kullanılarak programın geliştirilmesi ve yönetilmesi, merkeziyetsiz uygulamaların daha geniş bir geliştirici kitlesi tarafından benimsenmesini teşvik etmektedir. Gelecekteki çalışmalar, bu programın daha fazla özelleştirilmesine ve yeni işlevler eklenmesine odaklanabilir.

Bu çalışma Solana blokzincir üzerinde açık artırmaların yönetimi için bir program geliştirmenin mümkün olduğunu ve Anchor altyapısının bu süreçte önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Geliştirilen program, güvenli, verimli ve şeffaf bir açık artırma süreci sağlar. Uygulama, açık artırma oluşturma, teklif verme ve açık artırmayı sonuçlandırma gibi temel işlevleri başarıyla gerçekleştirmektedir.

1. Güvenlik ve Şeffaflık: Solana blokzincir üzerinde çalışan program, tüm işlemleri merkeziyetsiz bir yapıda gerçekleştirerek güvenliği ve şeffaflığı sağlar.
2. Verimlilik: Anchor altyapısı kullanılarak Rust ile programın geliştirilmesi, yönetimini kolaylaştırarak verimliliği artırır.
3. Kullanım Alanlarının Çeşitliliği: Geliştirilen açık artırma programı, dijital sanat, e-ticaret, gayrimenkul, oyun, yardım etkinlikleri gibi birçok farklı alanda uygulanabilir.

Gelecekte yapılacak çalışmalar ile bu akıllı sözleşme programının daha da geliştirilmesi ve çeşitli sektörlerde kullanımını yaygınlaştırmaya yönelik öneriler aşağıda verilmiştir.

1. Ek Özellikler ve İşlevler: Programın kullanıcı deneyimini iyileştirmek ve farklı kullanım senaryolarını desteklemek için ek özellikler eklenebilir. Örneğin, teklif verenler arasında otomatik bildirimler, açık artırma süresinin uzatılması gibi dinamik işlemler ve geri ödeme mekanizmaları eklenebilir.
2. Akıllı Sözleşmelerin Denetimi: Geliştirilen akıllı sözleşmelerin bağımsız denetimciler tarafından incelenmesi, güvenliği daha da artırabilir. Bu denetim potansiyel güvenlik açıklarının belirlenmesine ve giderilmesine yardımcı olacaktır.
3. Kullanıcı Arayüzü Geliştirmeleri: Kullanıcıların açık artırmalara katılmasını kolaylaştırmak için kullanıcı dostu ve sezgisel bir arayüz geliştirilmesi önerilir. Bu eklenen arayüzler ile akıllı sözleşme programı benimsenmesi kolaylaştırılabilir.
4. Mobil Uygulama Entegrasyonu: Açık artırma programının mobil uygulamalarla entegrasyonu, daha geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşılmasını sağlayabilir. Kullanıcılar, mobil cihazları üzerinden açık artırmalara katılabilir.
5. Çapraz Blokzincir Entegrasyonu: Farklı blokzincir platformları arasındaki etkileşimi sağlamak için çapraz blokzincir entegrasyonları üzerinde çalışılabilir. Bu entegrasyon daha geniş bir ekosistem oluşturabilir ve farklı blokzincir kullanıcılarının açık artırmalara katılmasına olanak tanıyabilir.
6. Topluluk Katılımı ve Geri Bildirim: Kullanıcı topluluğundan geri bildirim almak, programın sürekli olarak geliştirilmesi için kritik öneme sahiptir. Topluluk geri bildirimleri, kullanıcı ihtiyaçlarının daha iyi anlaşılmasını ve programın bu ihtiyaçlara göre uyarlanmasını sağlayabilir.

Solana üzerinde geliştirilen bu açık artırma programı, merkeziyetsiz uygulamaların potansiyelini ve blokzincir teknolojisinin sağladığı avantajları göstermektedir. Güvenlik, verimlilik ve şeffaflık açısından başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

Abu-elezz, I., Hassan, A., Nazeemudeen, A., Househ, M. ve Abd-alrazaq, A., 2020, The benefits and threats of blockchain technology in healthcare: A scoping review, *International Journal of Medical Informatics*, 142, 104246.

Açıkalın, K. ve Şahin, İ., 2023, Blok zincir altyapısı ile devlet desteklerinde mükerrerliğin önlenmesi için bir model önerisi, *Politeknik Dergisi*, 1-1.

Adams, S. C. ve Zheng, Y., 2024, A Blockchain Smart Contract Çerçevesi Using Interpreted Programming Languages and Decentralized Storage, *SoutheastCon 2024*, 222-230.

Aksoy, P. Ç., 2023, Yapay Zekâ Destekli Akıllı Sözleşmeler ve Yeni Hukuki Sorunlar, *Eskişehir Barosu Dergisi*, 8 (2), 463-463.

anchor-lang.com, 2024, Solana Akıllı Sözleşmeler, https://book.anchor-lang.com/introduction/what_is_anchor.html: [30.04.2024].

Aydın, M. K. ve Çakmak, E. E., 2017, Sosyal devletin temelleri, *Bilgi Sosyal Bilimler Dergisi*, 34 (1), 11-19.

Azaria, A., Ekblaw, A., Vieira, T. ve Lippman, A., 2016, Medrec: Using blockchain for medical data access and permission management, *2016 2nd international conference on open and big data (OBD)*, 25-30.

Bartoletti, M., Benetollo, L., Bugliesi, M., Crafa, S., Sasso, G. D., Pettinau, R., Pinna, A., Piras, M., Rossi, S. ve Salis, S., 2024, Smart Contract Languages: a comparative analysis, *arXiv preprint arXiv:2404.04129*.

Bellavitis, C., Fisch, C. ve Momtaz, P. P., 2023, The rise of decentralized autonomous organizations (DAOs): a first empirical glimpse, *Venture Capital*, 25 (2), 187-203.

Boyd, C., Du, R. ve Foo, E., 2008, Designing a secure e-tender submission protocol, *Electronic Commerce Research*, 8.

Buldas, A., Draheim, D., Gault, M., Laanoja, R., Nagumo, T., Saarepera, M., Shah, S. A., Simm, J., Steiner, J. ve Tammet, T., 2022, An ultra-scalable blockchain platform for universal asset tokenization: Design and implementation, *Ieee Access*, 10, 77284-77322.

Buterin, V., 2013, Ethereum white paper (2013), *URL https://github. com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper*.

Buterin, V., 2014, A next-generation smart contract and decentralized application platform, *white paper*, 3 (37), 2-1.

Cagigas, D., Clifton, J., Díaz-Fuentes, D., Fernández-Gutiérrez, M., Echevarría-Cuenca, J. ve Gilsanz-Gómez, C., 2022, Explaining public officials' opinions on blockchain adoption: a vignette experiment, *Policy and Society*, 41 (3), 343-357.

Ceylan, O. ve Işık, A. H., 2023, Blokzincir Teknolojisi ve Uygulama Alanlari, *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi*, 6 (1), 129-154.

Chang, S. E., Chen, Y.-C. ve Wu, T.-C., 2019, Exploring blockchain technology in international trade: Business process re-engineering for letter of credit, *Industrial Management & Data Systems*, 119 (8), 1712-1733.

Chaum, D., 1983, Blind signatures for untraceable payments, Plenum Press.

Chaum, D., 1994, Designated confirmer signatures, *Workshop on the Theory and Application of of Cryptographic Techniques*, 86-91.

Chen, Y.-H., Chen, S.-H. ve Lin, I.-C., 2018, Blockchain based smart contract for bidding system, *2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI)*, 208-211.

Chhina, S., Chadhar, M., Vatanasakdakul, S. ve Chetty, M., 2019, Challenges and opportunities for blockchain technology adoption : a systematic review, Australiasian Conference on Information Systems (ACIS).

Chhina, S., Chadhar, M., Vatanasakdakul, S. ve Chetty, M., 2019, <Challenges and

Opportunities for Blockchain Technology Adoption: A Systematic Review.pdf>. Australasian Conference on Information Systems 761-770.

Dávila, R., Aldeco-Pérez, R. ve Bárcenas, E., 2022, Formal Verification of Blockchain Based Tender Systems, *Programming and Computer Software*, 48 (8), 566-582.

De Vries, A. ve Stoll, C., 2021, Bitcoin's growing e-waste problem, *Resources, Conservation and Recycling*, 175, 105901.

Diaconita, V., Belciu, A. ve Stoica, M. G., 2023, Trustful blockchain-based çerçevesi for privacy enabling voting in a university, *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 18 (1), 150-169.

Doğantekin, S., 2016, Akıllı Sözleşmeler, https://fintechistanbul.org/2016/11/08/cok-akilli-sozlesmeler-smart-contracts/: [26.04.2024].

Don Tapscott, A. T., 2016, Blockchain Revolution.

Dülger, M. V., 2021, Blockchain ve Hukuksal Kullanım Alanları (Blockchain and Legal Uses), *Available at SSRN 3792194*.

Eastlake, D. ve Jones, P., 2001, US secure hash algorithm 1 (SHA1).

Ekap, 2024, ekapakademi.kik.gov.tr/, http://ekapakademi.kik.gov.tr/: [29.04.2024].

Eroğlu, A., 2023, Kamu Mali Denetiminin Dijitalleşmesi: Blokzincir Teknolojisinin İncelenmesi, *Alanya Akademik Bakış*, 7 (1), 187-207.

Faheem, M., Kuusniemi, H., Eltahawy, B., Bhutta, M. S. ve Raza, B., 2024, A lightweight smart contracts çerçevesi for blockchain-based secure communication in smart grid applications, *IET Generation, Transmission & Distribution*, 18 (3), 625-638.

Gökhan, Ü. ve Uluyol, Ç., 2020, Blok zinciri teknolojisi, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13 (2), 167-175.

Gupta, A., Khan, H. U., Nazir, S., Shafiq, M. ve Shabaz, M., 2023, Metaverse security: Issues, challenges and a viable ZTA model, *Electronics*, 12 (2), 391.

Gürfidan, R. ve Akçay, Z., 2020a, Blokzincir Temelli Güvenli Elektronik Oylama Modeli, *International Journal of Engineering and Innovative Research*, 2 (3), 148-155.

Gürfidan, R. ve Akçay, Z., 2020b, Blok zincir temelli güvenli elektronik oylama modeli, *International Journal of Engineering and Innovative Research*, 2 (3), 148-155.

Hall, A. ve Antonopoulos, G., 2015, 'License to Pill: Illegal Entrepreneurs' Tactics in the Online Trade of Medicines, In: The relativity of wrongdoing: corruption, organised crime, fraud and money laundering in perspective, Eds: Wolf Legal Publishers, p. 229-252.

Hardwick, F. S., Akram, R. N. ve Markantonakis, K., 2018, Fair and transparent blockchain based tendering çerçevesi-a step towards open governance, *2018 17th IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications/12th IEEE International Conference On Big Data Science And Engineering (TrustCom/BigDataSE)*, 1342-1347.

Hassija, V., Chamola, V., Krishna, D. N. G., Kumar, N. ve Guizani, M., 2020, A blockchain and edge-computing-based secure çerçevesi for government tender allocation, *IEEE Internet of Things Journal*, 8 (4), 2409-2418.

https://solanalabs.com/, 2024, Solana Araçları Kur, https://docs.solanalabs.com/cli/install: [26.04.2024].

https://www.anchor-lang.com, 2024, Anchor Kurulum https://www.anchor-lang.com/docs/installation: [26.04.2024].

Hu, K., Zhu, J., Ding, Y., Bai, X. ve Huang, J., 2020, Smart Contract Engineering, *Electronics*, 9 (12), 2042.

Iansiti, M. ve Lakhani, K. R., 2017, The truth about blockchain, *Harvard business review*, 95 (1), 118-127.

Idrees, S., Nowostawski, M., Jameel, R. ve Mourya, A., 2021, Security Aspects of Blockchain Technology Intended for Industrial Applications, *Electronics*, 10, 951.

Jafar, U., Aziz, M. J. A. ve Shukur, Z., 2021, Blockchain for electronic voting system—review and open research challenges, *Sensors*, 21 (17), 5874.

K.İ.K, 2024, Kamu İhale Kanunu, https://www.kik.gov.tr/Mevzuat.aspx: [29.04.2024].

Khan, D., Jung, L. T. ve Hashmani, M. A., 2021, Systematic literature review of challenges in blockchain scalability, *Applied Sciences*, 11 (20), 9372.

Kumar, R., Badwal, L., Avasthi, S. ve Prakash, A., 2023, A Secure Decentralized E-Voting with Blockchain & Smart Contracts, *2023 13th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence)*, 419-424.

Leonardos, S., Reijsbergen, D. ve Piliouras, G., 2020, Weighted voting on the blockchain: Improving consensus in proof of stake protocols, *International Journal of Network Management*, 30 (5), e2093.

Li, H. ve Xue, W., 2021a, A Blockchain-Based Sealed-Bid e-Auction Scheme with Smart Contract and Zero-Knowledge Proof, *Security and Communication Networks*, 2021 (1), 5523394.

Li, H. ve Xue, W., 2021b, A blockchain-based sealed-bid e-auction scheme with smart contract and zero-knowledge proof, *Security and Communication Networks*, 2021, 1-10.

Lin, I.-C. ve Liao, T.-C., 2017, A survey of blockchain security issues and challenges, *Int. J. Netw. Secur.*, 19 (5), 653-659.

Lipshaw, J. M., 2019, The Persistence of" Dumb" Contracts, *Stan. J. Blockchain L. & Pol'y*, 2, 1.

Logith, S., Nitish, P., Raghul, S. ve Tamilarasan, T., Secure Çerçevesi For Government Tender Allocation Using Blockchain.

Lu, Y., 2018, Blockchain and the related issues: A review of current research topics, *Journal of Management Analytics*, 5 (4), 231-255.

Luo, Y., Chen, Y., Chen, Q. ve Liang, Q., 2018, A new election algorithm for DPos consensus mechanism in blockchain, *2018 7th international conference on digital home (ICDH)*, 116-120.

M. Geetha, V. N. R., 2023, Decentralized E-Voting System Using Blockchain, *Interantional Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 07 (07).

Mali, D., Mogaveera, D., Kitawat, P. ve Jawwad, M., 2020, Blockchain-based e-tendering system, *2020 4th International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 357-362.

Meng, W., Tischhauser, E. W., Wang, Q., Wang, Y. ve Han, J., 2018, When intrusion detection meets blockchain technology: a review, *Ieee Access*, 6, 10179-10188.

Merkle, R. C., 1987, A digital signature based on a conventional encryption function, *Conference on the theory and application of cryptographic techniques*, 369-378.

Min, T. ve Cai, W., 2022, Portrait of decentralized application users: an overview based on large-scale Ethereum data, *CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction*, 4 (2), 124-141.

Momtaz, P. P., 2022, Some very simple economics of web3 and the metaverse, *FinTech*, 1 (3), 225-234.

Nakamoto, S., 2008a, Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system, *Decentralized business review*, 21260.

Nakamoto, S., 2008b, Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system, *Decentralized business review*.

Nakamoto, S., 2008c, Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.

Namasudra, S., Deka, G., Johri, P., Hosseinpour, M. ve Gandomi, A., 2020, The Revolution of Blockchain: State-of-the-Art and Research Challenges, *Archives of Computational Methods in Engineering*, 28.

Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O. ve Schiereck, D., 2017, Blockchain, *Business & information systems engineering*, 59, 183-187.

Nugraheni, N., Mentari, N. ve Shafira, B., 2022, The Study of Smart Contract in the Hara Platform under the Law of Contract in Indonesia, *Sch Int J Law Crime Justice*, 5 (7), 273-285.

Oyinloye, D. P., Teh, J. S., Jamil, N. ve Alawida, M., 2021, Blockchain consensus: An overview of alternative protocols, *Symmetry*, 13 (8), 1363.

Park, J., Jeong, S. ve Yeom, K., 2023, Smart contract broker: improving smart contract reusability in a blockchain environment, *Sensors*, 23 (13), 6149.

Patil, H. V., Rathi, K. G. ve Tribhuwan, M. V., 2018, A study on decentralized e-voting system using blockchain technology, *Int. Res. J. Eng. Technol*, 5 (11), 48-53.

Peters, G. W. ve Panayi, E., 2016, Understanding modern banking ledgers through blockchain technologies: Future of transaction processing and smart contracts on the internet of money, Springer, p.

Preneel, B., 1994, Cryptographic hash functions, *European Transactions on Telecommunications*, 5 (4), 431-448.

Preneel, B., Govaerts, R. ve Vandewalle, J., 1994, Hash functions based on block ciphers: A synthetic approach, *Advances in Cryptology—CRYPTO'93: 13th Annual International Cryptology Conference Santa Barbara, California, USA August 22–26, 1993 Proceedings 13*, 368-378.

Qin, B., Chen, Y., Yu, Z., Song, L. ve Zhang, Y., 2020, Understanding memory and thread safety practices and issues in real-world Rust programs, *Proceedings of the 41st ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation*, 763-779.

Qin, K., Zhou, L., Afonin, Y., Lazzaretti, L. ve Gervais, A., 2021, CeFi vs. DeFi--Comparing Centralized to Decentralized Finance, *arXiv preprint arXiv:2106.08157*.

Robati Shirzad, M. ve Lam, P., 2024, A study of common bug fix patterns in Rust, *Empirical Software Engineering*, 29 (2), 44.

Sabbagh, P., Pourmohamad, R., Elveny, M., Beheshti, M., Davarpanah, A., Metwally, A. S. M., Ali, S. ve Mohammed, A. S., 2021, Evaluation and classification risks of implementing blockchain in the drug supply chain with a new hybrid sorting method, *Sustainability*, 13 (20), 11466.

Sanka, A. I., Irfan, M., Huang, I. ve Cheung, R. C., 2021, A survey of breakthrough in blockchain technology: Adoptions, applications, challenges and future research, *Computer communications*, 169, 179-201.

Saraç, A., 2013, İnşaat sektöründe elektronik ihale (e-ihale) sistemleri ve yapı enformasyonu modellemesi entegrasyonu: örnek bir çalışma.

Sheridan, D., Harris, J., Wear, F., Cowell, Jr., Wong, E. ve Yazdinejad, A., 2022, Web3 Challenges and Opportunities for the Market, p.

Sklaroff, J. M., 2017, Smart contracts and the cost of inflexibility, *U. Pa. L. Rev.*, 166, 263.

Song, H., Wei, Y., Qu, Z. ve Wang, W., 2024, Unveiling Decentralization: A Comprehensive Review of Technologies, Comparison, Challenges in Bitcoin, Ethereum, and Solana Blockchain, *arXiv preprint arXiv:2404.04841*.

Swan, M., 2015, Blockchain: Blueprint for a new economy, " O'Reilly Media, Inc.", p.

Swanson, A., Kosmala, M., Lintott, C., Simpson, R., Smith, A. ve Packer, C., 2015, Snapshot Serengeti, high-frequency annotated camera trap images of 40 mammalian species in an African savanna, *Scientific data*, 2 (1), 1-14.

Szabo, N., 1994, Smart contracts.

Szabo, N., 1996, Smart contracts: building blocks for digital markets, *EXTROPY: The Journal of Transhumanist Thought,(16)*, 18 (2), 28.

Szabo, N., 1998, Secure property titles with owner authority, *Online at http://szabo. best. vwh. net/securetitle. html*, 1.

Takaoğlu, M., Özer, Ç. ve Parlak, E., 2019, Blokzinciri teknolojisi ve Türkiye'deki muhtemel uygulanma alanları, *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 1 (2), 260-295.

Tanriverdi, M., Uysal, M. ve Üstündağ, M. T., 2019, Blokzinciri teknolojisi nedir? ne değildir?: alanyazın incelemesi, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 12 (3), 203-217.

Vishnia, G. R. ve Peters, G. W., 2020, Auditchain: A trading audit platform over blockchain, *Frontiers in Blockchain*, 3, 9.

Voshmgir, S., 2020, Token economy: How the Web3 reinvents the internet, Token Kitchen, p.

Vurdu, S. A., 2021, Dış Ticarette Blokzincir Uygulamaları, *Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Dergisi*, 4 (9), 924-936.

Wang, J., Ou, W., Alfarraj, O., Tolba, A., Kim, G.-J. ve Ren, Y., 2023, Block Verification Mechanism Based on Zero-Knowledge Proof in Blockchain, *Comput. Syst. Sci. Eng.*, 45 (2), 1805-1819.

Wüst, K. ve Gervais, A., 2018, Do you Need a Blockchain?, *2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT)*, 45-54.

www.rust-lang.org, 2024a, Rust Programlama Dili, https://www.rust-lang.org/tr/learn: [30.04.2024].

www.rust-lang.org, 2024b, Rust Kurulum, https://www.rust-lang.org/tr/tools/install: [26.04.2024].

Xiao, Y., Zhang, N., Lou, W. ve Hou, Y. T., 2020, A survey of distributed consensus protocols for blockchain networks, *IEEE communications surveys & tutorials*, 22 (2), 1432-1465.

Xie, J., Tang, H., Huang, T., Yu, F. R., Xie, R., Liu, J. ve Liu, Y., 2019, A survey of blockchain technology applied to smart cities: Research issues and challenges, *IEEE communications surveys & tutorials*, 21 (3), 2794-2830.

Xu, Y., Li, X., Zeng, X., Cao, J. ve Jiang, W., 2022, Application of blockchain technology in food safety control : current trends and future prospects, *Critical reviews in food science and nutrition*, 62 (10), 2800-2819.

Yakovenko, A., 2018, Solana: A new architecture for a high performance blockchain v0. 8.13, *Whitepaper*.

Yu, Z., Song, L. ve Zhang, Y., 2019, Fearless concurrency? understanding concurrent programming safety in real-world rust software, *arXiv preprint arXiv:1902.01906*.

Yücel, M., 2022, Blokzincir Teknolojisi, *Technology And Innovation Student Symposium*.