T.C.

BİLECİK ŞEYH EDEBALİ ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİ TABANLI AİDAT ÖDEME SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUĞBA AYDIN

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. CİHAN KARAKUZU

BİLECİK, 2024

10597310

T.C.

BİLECİK ŞEYH EDEBALİ ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİ TABANLI AİDAT ÖDEME SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUĞBA AYDIN

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. CİHAN KARAKUZU

BİLECİK, 2024

10597310

BEYAN

"Blokzincir Teknoloji Tabanlı Aidat Ödeme Sistemi" adlı yüksek lisans tezi hazırlık ve yazımı sırasında bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyduğunu, başkalarının eserlerinden yararlandığım bölümlerde bilimsel kurallara uygun olarak atıfta bulunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, tezin herhangi bir kısmının Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını, aksinin tespit edileceği muhtemel durumlarda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

<table>
<tr><td colspan="4">Bu çalışmanın,
Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP), TÜBİTAK veya benzeri kuruluşlarca desteklenmesi durumunda; projenin ve destekleyen kurumun adı proje numarası ile birlikte, ETİK KURUL onayı alınması durumunda ise ETİK KURUL tarih karar ve sayı bilgilerinin beyan edilmesi gerekmektedir.</td></tr>
<tr><td>DESTEK ALINMIŞTIR</td><td></td><td>DESTEK ALINMAMIŞTIR</td><td>X</td></tr>
<tr><td colspan="4">Destek alındı ise;</td></tr>
<tr><td colspan="4">Destekleyen kurum;</td></tr>
<tr><td colspan="2">Desteğin Türü</td><td colspan="2">Proje Numarası</td></tr>
<tr><td colspan="2">1- BAP (Bilimsel Araştırma Projesi)</td><td colspan="2" rowspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">2- TÜBİTAK</td></tr>
<tr><td colspan="2">Diğer;……
……</td></tr>
<tr><td colspan="4">ETİK KURUL onayı var ise;</td></tr>
<tr><td colspan="2">ETİK KURUL karar tarih/sayı:</td><td colspan="2">……/……
……..</td></tr>
</table>

Öğrenci Adı ve Soyadı

Tuğba AYDIN

Tarih

16/01/2024

İmza

ÖN SÖZ

Yapılan tez çalışmasında blokzincir alanında Solidity dili ile aidat ödeme sistemi ve uygun bir arayüz uygulaması yapılmıştır. Blokzincir konusunun önemi, gelecekteki yeri ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Ayrıca blokzincir konusunun haricinde Ethereum ve Bitcoin dijital paralarındaki işlemler öğrenilmiştir. Yapılan araştırmalara göre blokzincir konusu gelecekte çok önemli bir yere sahip olacaktır. Günümüzde kullanılan birçok teknolojik sistemin gelecekte blokzincir tabanlı olacağı öngörülmektedir.

Bu tez çalışmasının yapılması ve yazılmasında, çalışmamı sahiplenerek takip eden danışmanım Sayın Prof. Dr. Cihan KARAKUZU ve Arş. Gör. Dr. Sefa TUNCER hocalarıma değerli katkı ve emekleri için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Son olarak bu günlere ulaşmamdaki emekleri adına değerli aileme, yüksek lisans eğitimim süresince bana destek olan eşime ve *Blockchain Fundamentals* adlı eğitimi veren EMark Teknoloji ve Bilişim Hizmetleri sahibi Yunus KABA Beyefendiye teşekkürlerimi sunarım.

Tuğba AYDIN

2024

ÖZET

BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİ TABANLI AİDAT ÖDEME SİSTEMİ

Blokzincir teknolojisi, günümüzde yaygınlaşan ve gelecekte daha da ön planda olacak olan verileri güvenli, değiştirilemez ve silinemez olarak dağıtık deftere kaydeden merkeziyetsiz bir teknolojidir. Verilerin blokzincir ağına kaydedilmesi veri tabanına kaydedilmesinden daha güvenlidir. Bu çalışma, bir site içerisinde yer alan apartman sakinlerinin aidat ödemelerinin blokzincir tabanlı sistemde yapılmasını sağlamak konuludur. Çalışmada öncelikle tüm apartman sakinleri için metamask cüzdanları tanımlanmıştır. Her apartman sakininin ödemelerini blokzincir tabanında ve metamask cüzdanları ile yapması için sistemin arka planında Ethereum tabanlı akıllı kontratlar yazılmıştır. Arayüz akıllı sözleşme bağlantısı Truffle geliştirme çatısı kullanılarak yapılmıştır. Akıllı kontratlar içerisinde site yöneticisi, apartman ve daire bilgileri tanımlanmıştır. Ayrıca, geliştirilen ara yüzde kullanıcı ve yönetici girişi ayrı olacak şekilde tasarlanmıştır. Yöneticinin sistemde kiracılar, ev sahibi, aidat miktarı ve diğer bilgiler üzerinde güncelleme yapabilmesi sağlanmıştır. Yönetici tarafında apartman sakinlerinin yaptığı aidat ödemelerinin ayrıntılı bir şekilde listelenmesi için ara yüz tasarlanmıştır. Kullanıcı girişi sayfasında ödenen miktar, hangi hesaba gönderildiği, gönderen kişiye ait apartman adı, daire numarası ve gönderdiği tarih bilgileri tutulmaktadır. Apartman sakinlerinin yaptıkları aidat ödemeleri veri yerleştirmeler (mappings) sayesinde blokzincir ağında akıllı sözleşmenin kalıcı bellek bölgesinde tutulmakta ve bu bilgiler istenildiği zaman raporlanmaktadır. Yapılacak olan her işlem için akıllı sözleşmede ayrı ayrı fonksiyonlar tanımlanmıştır. Aylık yapılan ödemelere ait bilgiler uyarı olarak blokzincir ağının ilgili bloğuna olaylar (events) aracılığıyla kaydedilebilmekte ve istenirse ağdan herkese açık bir şekilde incelenebilmektedir. Ödemelere ait bir rapor istenirse filtreleme yapmak için akıllı sözleşmede yer alan fonksiyonlar aracılığıyla kalıcı hafızaya kaydedilen veriler kullanılmaktadır. Çalışma apartman aidat yönetiminde veri güvenliği ve aidat takibi açısından izlenebilirlik ve şeffaflık sağlamaktadır. Çalışma Solidity yazılım dili ile yapılmıştır. Test aşamasında sanal cüzdanlar kullanılmıştır. Aidat ödeme sırasında kesilen işlem ücreti fazla olduğundan dolayı Ethereum Gas ücretini en aza indirmek için yazılım aşamasında kod satırları minimuma indirilmiştir. Yazılımda yer alan kod satırları azaltıldığından dolayı coin transferi sırasında kesilen ücretin minimuma indirgenmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Blokzincir, Metamask, Akıllı Sözleşme, Şifreleme, Veri Güvenliği

ABSTRACT

BLOCK CHAIN TECHNOLOGY BASED DUES PAYMENT SYSTEM

Blockchain technology is a decentralized technology that records data in a secure, unalterable and indelible distributed ledger, which has become widespread today and will be even more prominent in the future. Saving data in the blockchain network is safer than saving it in the database. This study is about ensuring that the dues payments of apartment residents in a site are made in a blockchain-based system. In the study, first of all, metamask wallets were defined for all apartment residents. Ethereum-based smart contracts have been written in the background of the system for each apartment resident to make their payments on the blockchain basis and with metamask wallets. The interface smart contract connection is made using the Truffle development framework. Site manager, apartment and flat information are defined in smart contracts. In addition, the developed interface is designed to have separate user and administrator logins. It has been ensured that the administrator can update the tenants, landlord, amount of dues and other information in the system. The interface has been designed to list in detail the subscription payments made by the apartment residents on the administrator's side. On the user login page, the amount paid, the account to which it was sent, the apartment name of the sender, the apartment number and the date it was sent are kept. Dues payments made by the residents of the apartments are kept in the permanent memory area of the smart contract in the blockchain network thanks to data mappings and this information is reported when requested. Separate functions are defined in the smart contract for each transaction to be made. Information about monthly payments is recorded as a warning in the relevant block of the blockchain network via events and can be viewed publicly from the network if desired. If a report of the payments is requested, the data saved in the permanent memory is used through the functions in the smart contract for filtering. The study provides traceability and transparency in terms of data security and dues tracking in apartment dues management. The study was done with Solidity software language. Virtual wallets were used in the testing phase. Since the transaction fee charged during the dues payment is high, the code lines have been minimized during the software phase to minimize the Ethereum Gas fee. Since the code lines in the software have been reduced, the fee cut during coin transfer has been reduced to a minimum.

Key Words: Blockchain, Metamask, Smart Contract, Encryption, Data Security

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

1. GİRİŞ

Günümüzde herhangi bir sistem üzerindeki veriler depolama alanında tutulmaktadır. Veriler arttıkça depolama alanının da artması gerekmektedir. Depolama alanının boyutu arttıkça ısı ve ses sorunları ortaya çıkmaktadır. Verilerin tutulduğu ortamın serin ve gizli bir alan da olması gerekmektedir. Sistemdeki verilerin tutulduğu veri tabanına saldırı ya da verilerde bozulma olduğu zaman sistem için büyük sorun oluşturmaktadır. Büyük boyutlu tutulan bu verilerin çok güvenli bir şekilde tutulması gerekmektedir. Güvenlik ve gizlilik büyük veriler için ayrı bir öneme sahiptir. Verilerin güvenliği için kullanılan şifreleme algoritmaları vardır. Örneğin web sitelerin bazıları verilerini veri tabanına kaydederken MD5 şifreleme algoritmasını kullanmaktadır. MD5 şifreleme algoritması web sitesine kaydolmak isteyen kişinin kullanıcı adını, şifre, adres, telefon numarası gibi bilgilerini MD5 algoritması ile şifreleyerek veri tabanına şifreli bir şekilde kaydetmektedir. Daha sonra kullanıcı web sitesine giriş yapmak istediğinde kullanıcı adı ve şifre bilgisini yazdığında arka planda kullanıcı adı ve şifre MD5 şifreleme algoritması ile şifrelenerek veri tabanına daha önceden kaydedilmiş olan şifreli veri ile karşılaştırılmaktadır. Eğer şifreli veriler birbiri ile uyuşuyorsa kullanıcının oturumu aktif duruma getirilmektedir. Bu şekilde kullanılan SHA, SHA256, Keccak gibi birçok şifreleme algoritmaları vardır. Şifreleme algoritmaları ile şifrelenen bir verinin geriye döndürülmesi imkânsız denecek kadar zordur. Verilerin depolama birimlerinde şifreli bir şekilde tutulmasının sebebi ise veri tabanına erişen bir saldırganın elde ettiği verilerden bir sonuca ulaşamamasını sağlamaktır. Çünkü bir saldırgan şifreli verilerden oluşan veri tabanına ulaştığında elinde sadece anlamsız veriler olmaktadır.

Verilerin depolama birimlerinde şifreli bir şekilde tutulmuş olması verilen güvenli olduğu anlamına gelmemektedir. Veri tabanındaki veriler bilgisayar korsanı (hacker) tarafından sistem değiştirilmekte ya da kullanıcı bu verileri kendi isteği ile de değiştirebilmektedir. Veri tabanına eklenen bir veri üzerinde değişiklik yapıldığı gibi silme ya da yeni veri ekleme işlemi de yapılmaktadır. Bu gibi durumlar sistem için güven sorunu oluşturmaktadır.

Tek bir merkezde tutulan verilerde bozulma olduğunda bu verileri kurtarmak zor olmaktadır. Verileri her daim yedeklemek gerekir ve bunun için ise serin alanlara ihtiyaç olmaktadır. Çünkü her artan veri için yeni depo birimlerine ihtiyaç vardır ve dolayısı ile veriler arttıkça ortam ısınacaktır.

Bu gibi sorunlara çözüm için blokzincir teknolojisi geliştirilmiştir. Aslında blokzincir yapısının 1991'de teorik olarak bakıldığında üniversite tezlerinin arasında yer aldığı görülmektedir. Fakat blokzincir yapısının ortaya çıkması ve yerini bulması zaman almıştır.

Çünkü blokzincirleri kullanmak için olması gereken bir altyapı bulunmamaktadır. Sebebi ise altyapıları oluşturmak yüksek maliyet gerektirmektedir. Şu anda dağıtık ağlar (distributed networks), dağıtılmış veri yapıları bulunmaktadır. 1986 yılında bu konu ile ilgili kitap da yazılmıştır. Tahmini olarak blokzincir konusunun ortaya çıkış yılı 1970'ler denilebilmektedir.

Blokzincir, kriptografik dijital başlıklarla (hash) güvenli bir şekilde birbirine bağlanan, büyüyen kayıt listelerine (bloklar) sahip dağıtılmış bir defterdir. Her blok, kendinden önceki bloğun şifrelenmiş işlem verisini tutmaktadır. Her bloğun oluşturulma süresi işlem verilerinin blok oluşturulduğunda var olduğunu kanıtlamaktadır. Her blok kendinden önceki blok hakkında bilgi içermektedir ve bu sayede etkili bir şekilde bir zincir oluşturulmaktadır. Her blok kendisinden öncekilere bağlanmaktadır. Bir blok üzerinde değişiklik yapılmak istendiği zaman kendinden önceki blok üzerinde de değişiklik yapılması gerekmektedir. Kendinden önceki blok üzerinde değişiklik yapıldığında ise ondan bir önceki blok üzerinde de değişiklik yapılması gerekmektedir. Oluşturulmuş olan blok üzerinde değişiklik yapılması imkansızdır. Bu nedenle hiçbir blok üzerinde değişiklik yapılamamakta, blok üzerine eklenen hiçbir veri üzerinde eklenme ya da silme işlemi de yapılamamaktadır. Bu sayede ise blokzincir ağına eklenen her blok sonsuza dek o ağda kalıcı bir şekilde kalmaya mahkûmdur. Sonuç olarak, blockzinzir işlemleri geri alınamamakta çünkü bir kez kaydedildiklerinde, herhangi bir bloktaki veriler sonraki tüm bloklar değiştirilmeden geriye dönük olarak değiştirilememektedir.

Blokzincir ağları genellikle, düğümlerin yeni işlem blokları eklemek ve doğrulamak için toplu olarak bir konsensüs algoritma protokolüne bağlı kaldığı, halka açık dağıtılmış bir defter olarak kullanılmak üzere eşler arası (P2P) bir bilgisayar ağı tarafından yönetilmektedir. Blokzincir ağları tasarlanmış olduğu ağ tasarımından dolayı güvenli kabul edilmektedir.

Blokzincir ağında tutulan veriler değiştirilememekte, silinememekte ve üzerine eklenme yapılamamaktadır. Blokzincir ağına kaydedilen bir veri milyonlarca bilgisayar üzerinde tutulmaktadır. Blokzincir ağına eklenen her veri geri dönüşü olmayan şifreleme algoritmalarından biri ile şifrelenerek milyonlarca bilgisayar üzerinde sonsuza dek tutulmaktadır. Bu veriler milyonlarca bilgisayarda tutulmasına rağmen güvenlidir. Çünkü her bir veri özel anahtar (private key) ile şifrelenmiştir.

“Using blockchain technology to improve the collaboration in trucking industry: A design science research / Kamyon taşımacılığı endüstrisinde iş birliğini geliştirmek için blokzincir teknolojisini kullanmak: Bir tasarım bilimi araştırması” (Alaçam, 2023) başlıklı tez çalışmasında literatürde bulunan ulaşım kontrol kulesi kavramını genişleterek, konsorsiyum ve halka açık blokzincir mimarileri üzerinde merkezi olmayan bir şekilde çalıştırma yapılmıştır.

“Uluslararası ticarette blockchain kullanımının SWOT analizi ile değerlendirilmesi / Evaluation of blockchain use in international trade with SWOT analysis” (Demir, 2023) başlıklı tez çalışmasında kripto para ve blokzincir sistemlerinin uluslararası ticarete entegrasyonu konusunda daha önce yapılan literatürdeki çalışmalar, örnekler incelenmiştir ve kripto para ve blokzincir sisteminin uluslararası ticarete entegrasyonunun uygulanabilirliği amaçlanmış olup SWOT analizi yöntemine başvurulmuştur. Yapılan analizler ve araştırmalar incelendiğinde konu ile ilgili üzerinde hemfikir olunan ortak yaklaşımlar göze çarpmaktadır. Bu çalışmalar ışığında bakıldığında ülkelerin kısıtlamaları ve yaklaşımları sebebiyle mevcutta kullanılan kripto paraların uluslararası ticarete entegrasyonu konusunda net bir cevap bulunmamaktadır. Ancak kripto paralar ve blokzincir teknolojisinin uluslararası ticareti daha hızlı ve ucuz hale getireceğinden ülkeler kendi kripto paralarını çıkarma hazırlıklarına başlamışlardır. Bu sayede uluslararası ticarette döviz kurları etkisi azaltılacaktır ve dünya çapında ödemeler daha hızlı ve kolay bir şekilde yapılacaktır. Diğer bir yandan blokzincir teknolojisi ödemeler sisteminde de kullanılacak olup bu teknoloji ile yapılacak ödemelerde aracı veya merkezi bir otoriteye sahip olmaması sebebiyle banka ve finans kuruluşlarına ihtiyaç olmayacağını göstermektedir. Yapılan işlemlerin değiştirilemez olması sayesinde oluşan güvenlik uluslararası ticarette önemli bir faktör olacaktır. Mevcut kripto paralara oranla, blokzincir sistemine ülkelerin bakış açıları daha olumlu yönde olduğundan ve yapılan çalışmalara bakıldığında yakın gelecekte blokzincir sistemine geçişin yapılacağı görülmektedir.

“A conceptual autonomous progress payment system integrated with blockchain and IoT / İnşaat sektöründe blockchain ve IoT teknolojileri ile entegre kavramsal otonom hakediş sistemi” (İlgün, 2023) başlıklı tez çalışmasında inşaat sektöründe taraflar arası yapılan sözleşmelerde şeffaflık, yolsuzluk, güvenilirlik, zamanında yapılmayan ödemeler gibi ciddi sorunlara çözüm olarak blokzincir tabanlı bir hakediş sistemi geliştirilmiştir. Uygulamada karmaşık sözleşme düzenlemeleriyle başa çıkmada, özellikle zamanında ödeme gereksiniminin karşılanması ve / veya nakit akışı istikrarının sağlanması açısından önemli

zorlukları ele alarak bina projelerinde ödemeyi otomatikleştirmek, şeffaflaştırmak ve izlenebilir hale getirmek için akıllı sözleşmelerin benimsenmesinin süreçleri ve gereklilikleri bu tezde tartışılmaktadır. Robotik gerçeklik yakalama teknolojisi, Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), blokzincir ve nesnelerin interneti teknolojisine dayalı akıllı sözleşmelerin entegrasyonu ile otomatik ödeme mekanizması oluşturulmuştur. Bu çalışma; güvenilir, şeffaf ve otonom bir ödeme sistemi oluşturarak sektördeki sorunlara çözüm bulmayı hedeflemiştir.

"Provide a new framework for blockchain based integrated and resource classification for the cloud / Bulut için Blokzincir tabanlı entegre ve kaynak sınıflandırması için yeni bir çerçeve sağlayın" (Al-Mutar, 2022) başlıklı çalışmada bulut üretimi için merkezi olmayan bir ağ mimarisinin geliştirilmesi, blokzincir teknolojisi ile mümkün kılınmıştır. Sağlık sektöründeki akıllı sözleşmeler için zincir dışı işlemeyi kolaylaştırmak amacı ile sorunu minimum zorluklara ayıran 'HSM' stratejisi benimsenmektedir. Doğrulanmış zincir dışı hesaplamalar ZoKrakes ile de yapılmaktadır. Tek bir blok başlığı zincir dışı hesaplamayı doğrulayarak, doğrulama ve doğrulanabilir zincir dışı hesaplamaların yanı sıra hedef blok zincirli sözleşme aktarımı için kanıt doğrulamanın zorluklarının nasıl çözüleceği gösterilmiştir. Kanıtlar akıllı sözleşmelerde doğrulanarak ilgili blok başlıkları onaylanmaktadır. Bu yaklaşım hesaplamaların karmaşıklığını azaltır, Gas tüketimini arttırır ve sistemin ölçeklenebilirliğini arttırırken aynı zamanda da zincir dışı prosedürler için anonimlik sunmaktadır.

"Automating organizational interoperability in e-government services using blockchain technology / Blockchaın teknolojisiyle e-devlet hizmetlerinde örgütsel birlikte çalışabilirliğin otomatik yapılması" (Al-Saedi, 2022) başlıklı tez çalışmasında, akıllı e-devlet kıyaslama deposunda devlet kayıtlarının korunması için akıllı bir sistem geliştirilmiştir. Literatürde, dijital veri artışının koruma oranı arttıkça mevcut birçok koruma tekniği ve modeli tartışılmış ve ayrıntılı karşılaştırmaları ile sunulmuştur. Türkiye de dahil olmak üzere birçok batılı ülke, hükümet kayıtlarının korunması için kâğıt tabanlı sistemlerini dijital akıllı sistemlere yükseltmiştir. Metodolojide, arşivlenmiş kâğıt tabanlı kayıtları korumak için edevlet karşılaştırmalı akıllı sistem uygulamasının geliştirilmesinde Python dilini kullanılmıştır. Blokzinciri modeli sınırlı bir yapının iç kısmındaki ev işlerini ve taahhütlerini ilişkilendirmek için nasıl kullanılacağını bilen inşaat önermektedir. Büyük arşivler (ör. açık erişim, kapalı, kısıtlı, tescilli), E-Devlet kıyaslama veri setindeki sayısal nesnelerin ve dosyaların korunması için belirli yardımlar oluşturmaktadır. Koruma sürecinde kayıtları temizlemek ve format dönüştürmek için kayıtlar üzerinde kayıt erişimi, normalleştirme ve

dönüştürme işlemleri de yapılmıştır. Bu çalışmada üç büyük dijital kütüphane için devlet düzeyinde dijital koruma gerçekleştirilmektedir. Projenin kapsamı, yayından dijital formatta korumaya taşımak için kullanılan teknoloji ile sınırlı olmamakla birlikte tahmine dayalı algoritma ile dosyalar, depolandıkları herhangi bir bilgisayar veri tabanında tutularak kâğıt bazlı verilerin kurtarılması mümkün olmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda 2019'dan 2023'e kadar kayıtların büyük bir kısmını çok iyi bir şekilde dijital formatta korunması hedeflenmektedir. Sistem, verilerin %80'i üzerinde eğitilmiş olup verilerin geri kalan %20'si üzerinde test edilmiştir. Verilere erişim için kullanılması planlanan bu çalışma sayesinde devletin 3 büyük tesisi korunmaktadır. Üç farklı dijital kütüphanenin eserleri, yönetim sistemleri, bakım teknikleri, politikaları ve finansmanı, onları oluşturan kişilerin verdiği kararlara dayanmaktadır. Verileri üretenler bilim insanları olup bu nedenle dijital eserlerin değerinin belirlenmesinde en büyük sorumluluğu taşımaktadır. Sonuç olarak bu çalışmada koruma uygulamalarının dijital çağın toplumsal ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde gelişmesi zorunlu duruma geldiği ortaya çıkmıştır.

“The realization of a blockchain-based e-voting solution with a new consensus algorithm / Blokzincir-tabanlı elektronik seçim çözümünün yeni bir uzlaşma algoritması ile gerçeklenmesi” (Karaçay, 2022) başlıklı tez çalışmasında iyi tasarlanmış bir elektronik oylama sisteminin gereksinimleri ve blokzincirin arkasındaki teknoloji detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Çalışma içerisinde, yeni bir uzlaşma algoritması kullanılarak elektronik oylama sistemi önerilmiş ve gerçeklenmiştir. Elektronik oylama sisteminin tüm gereksinimlerini karşılamak için çeşitli stratejiler tasarlanıp, uygulanmıştır. Bireysel doğrulanabilirlik ve gizlilik gibi gereksinimleri karşılamak için RSA ve Paillier Homomorfik Kriptosistem uygulanmıştır. Bu sayede, hiç kimse oy verisini değiştiremez, aynı zamanda, herhangi bir seçmen tüm oylama süreci boyunca kendi oyunun blokzincirdeki varlığını doğrulayabilmektedir. Uygunluk, gizlilik ve kimlik doğrulama gibi gereksinimleri karşılamak için farklı blokzincirler kullanılmıştır. Sistemin tüm hassas verileri şifrelenmiş halde tuttuğu ve böylece oylama bitmeden sonuçları kimsenin manipüle edemediği ve değiştiremediği beyan edilmiştir.

“Blockchain teknolojisinin makro düzeyde finansal etkileri / The macro-level effects of blockchain technology on the financial system” (Dileç, 2022) başlıklı tez çalışmasında blokzincir teknolojisinin güvenirliği ve şeffaflığının Türkiye'nin sorunu olan kayıt dışı ekonomiye nasıl bir çözüm getirebileceği ve ayrıca blokzincir teknolojisinin birçok alanda gelişime açık olması nedeniyle uygulama alanlarıyla entegre edilmesi sonucunda finansal

sistemlere olan etkilerinin ileriye dönük olarak analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda blokzincir teknolojisinin sadece ödeme kanallarında temel ağ yapısı olarak kullanılmasıyla dahi kayıt dışı ekonomide çözüm olabileceği ve dolaylı olarak tüm makroekonomik faktörleri etkileyebileceği ifade edilmiştir. Dünyada yer alan diğer ülkelerden geri kalınmaması amacıyla Türkiye'de başta kamu kurumları ve iş birlikleri tarafından dijital dönüşümün adımlarının atılması gerekliliği; dijital dönüşümün blokzincir teknolojisi destekli olarak yapılması sonucunda, sistemin başta güvenliği ve sağlamlığı olmak üzere blokzincirin birçok üstünlüğünden yararlanmanın mümkün olabileceği vurgulanmıştır.

"İşletmelerde blockchain teknolojisinin kullanımının belirleyicileri Kütahya il örneği / Determinant of the use of blockchain technology in businesses Kütahya provincial example" (Babur, 2022) başlıklı tez çalışmasında Kütahya ili özelinde özel sektör işletmelerinin Blokzincir teknolojisine adaptasyon sürecinde teknolojik, örgütsel ve çevresel bağlamda üzerinde durduğu kavramlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışma Kütahya Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren 97 işletme ve Kütahya'da bulunan tüm teknoloji firmalarını kapsamakta olup toplamda 48 firma ile görüşme yapılmıştır. Katılımcılardan elde edilen bulgular doğrultusunda; teknolojik bağlamda 35 tane alt boyuta, örgütsel bağlamda 30 tane alt boyuta ve çevresel bağlamda 25 tane alt boyuta ulaşılmıştır.

"Music royalty payment scheme using blockchain technology" (Habbal, 2022) başlıklı tez çalışması telif ödemeleri sürecini yönetmek, telif ödemelerinde şeffaflığı artıran ve ödemelerin gecikmesini azaltmak için bir model sunmayı amaçlamıştır. Model blokzinciri kullanılarak tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Daha sonra model hedefler kümesine göre doğrulanmış ve söz konusu sorunların çözümüne nasıl katkıda bulunabileceğini ve nasıl iyileştirilebileceğini belirlemek için niteliksel olarak değerlendirilmiştir.

"Hybrid blockchain platforms for the internet of things / Nesnelerin interneti için hibrit blokzinciri platformları" (Alkhateeb, 2023) başlıklı çalışmada hibrit blokzincir platformu ile bir dizi sistem oluşturulmuş olmasına rağmen, hibrit blokzinciri platformlarının nasıl kullanılması gerektiğine dair en son teknolojiye sahip güncel bir genel bakış sunulmuştur. Bu çalışma insanların bu platformları kullanmayı seçmesinin üç ana sebebinin güvenlik, şeffaflık ve verimlilik olduğunu göstermektedir. Çalışmada bir vaka çalışması olarak, bir bulut depolama ve bir blokzinciri ağı ile entegre bir restoran web uygulaması olan hibrit bir blokzincir tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen platform, bir restoran

kasiyer sistemi kapsamında hibrit bir blok zinciri platformu güvenlik ve veri bütünlüğü sağlayabileceğini ve blokzinciri ağında yayınlanmayan verilerin bulut depolama yoluyla nasıl depolanabileceğini göstermektedir.

"Design and implementation of a new blockchain algorithm to increase reliability, security and integrity / Yeni bir güvenilir, güvenli ve sağlam blokzincir algoritmasının tasarım ve uygulaması" (Akhter, 2021) başlıklı tez çalışmasında ölçeklenebilirlik problemini en aza indirmek için yeni çok seviyeli blokzinciri yapısı önerilmiştir. Geliştirilen sistem küresel ve yerel blokzinciri olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Küresel blokzinciri üyelerinin bilgilerini saklamıştır. Yerel hizmet merkezleri, desteklerini yalnızca yerel üyelere sağlayacak ve herhangi bir üye bir yerel alandan başka bir küresel blokzincirine taşındığında, geçiş sürecini yönetmek için kullanılmıştır. Önerilen yapının uygulanması için araç ad hoc ağları (Vanet) kullanılmış, akıllı araçlar hareket halindeyken yakındaki araçlarla geçici bir iletişim kurarak aralarında sosyal bir ağ oluşturmuştur. Blokzinciri, araştırmacılar tarafından araçların güvenliğini ve güvenirliğini sağlamak, trafik olaylarını depolamak ve analiz etmek için kullanılmış ve ayrıca iletilen mesajların yönetimini ve dağıtılmasını gerçekleştirmiştir. Çalışmasında ölçeklenebilirlik sorunu en aza indirmek için hem kümeleme tabanlı hem de iş birliği yapan araçlardan oluşan bir Vanet sistemi blokzincir ile donatılmıştır. Bu tezde dört farklı sistem önerilmiş, önerilen yöntemler Ethereum blokzinciri platformunda gerçekleştirilmiş ve akıllı sözleşmeler kullanılarak kodlanmıştır. Simülasyon sonuçları ve başarım analizi önerilen yöntemlerin güvenlik, bütünlük, özgünlük, sağlamlık sağladığını ve mevcut sistemlerden daha iyi başarım sağlandığını göstermiştir.

"The use of blockchain in digital identity management systems for kyc (know your customer) processes in banks and its evaluation from cybersecurity perspective / Blokzincirinin dijital kimlik uygulaması olarak bankacılıkta müşterilerin tanımlanması sürecinde kullanımı ve sibergüvenlik açısından değerlendirmesi" (Özgümüş, 2018) başlıklı tez çalışmasında blokzincirin çığır açıcı bir teknoloji olarak değerlendirilmesine neden teknik özellikleri ve çeşitli kullanım durumları açıklanmıştır. Dijital kimliklerin doğrulanması için Blokzincir kullanımı, müşterilerinizi tanıma işlemlerinde fiziksel kimlikler ve verimsizliklerle gelen sorunları adreslemeye yardımcı olabilir hipotezi kapsamında müşteri tanıma süreçlerinde kullanılmak üzere bir dijital kimlik platformu olarak Blokzincir'in bir kullanım modeli ayrıntılı olarak ele alınmış ve siber güvenlik riskleri tanımlanmıştır. Blokzincir ve dağıtılmış defter teknolojileri ile ilgili teknik kılavuzlar ve standartlar hala gelişmekte olduğundan, yaygın olarak kullanılan endüstri kontrol standartları ISO 27001, NIST SP-

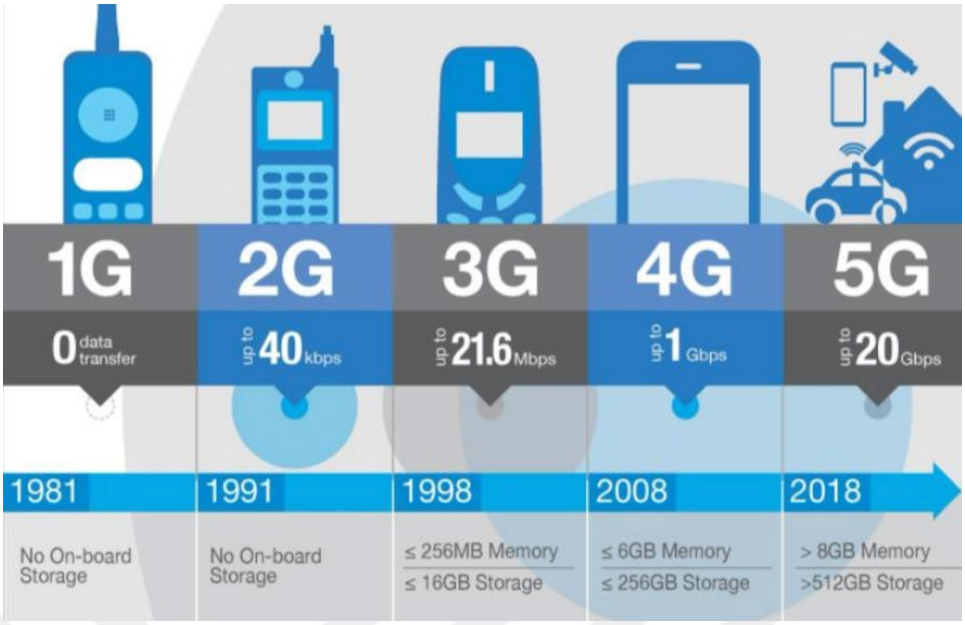
80053 ve COBIT'e dayalı olarak belirlenmiş risklerin azaltılması için bir dizi siber güvenlik kontrolü önerilmiştir. Ayrıca, KVKK ve Genel Veri Koruma Yönetmeliği perspektifinden önerilen model değerlendirilmiş ve Blokzincir'in veri işleme ilkelerini nasıl adresleyebileceğini ve engellerin neler olduğu ortaya konulmuştur.

"Blokzincir teknolojisini kullanarak yeni bir kripto para oluşturma esasları / Fundamentals of creating a new cryptocurrency using blockchain technology" (Turna, 2022) başlıklı tez çalışmasında tüm hakları ülkemize ait olacak, tasarımcıların ve mühendislerin emekleri ile yoğurulan, milli teknolojilerle üretilen ve dünyaya adımızı duyuracak bir kripto paranın ilk temellerinin atıldığı ifade edilmektedir. Yeni bir kripto para tasarımını oluşturmak çalışmanın kilit noktası oluşturulmuş, sistemin temel yapı taşları tasarlanmış, blokzincir ve Phyton yazılım platformu kullanılarak mimari hayata geçirilmişti

2. BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ

Blokzincir teknolojisi aslında yeni gündemde olan fakat çok eski zamanlara dayanan bir teknolojidir. 1991'li yıllarda da blokzincir teknolojisi ile ilgili yazılmış tez çalışmaları mevcuttur. Fakat blokzincir teknolojisinin yerini bulması biraz zaman almıştır. Öncelikle dağıtılmış veri yapıları ile anılan dağıtık ağlar (distributed networkler) mevcuttur. Kriptograf David Chaum ilk olarak 1982 tarihli " Computer Systems Established, Maintained, and Trusted by Mutually Suspicious Groups" başlıklı tez çalışmasında blokzinciri benzeri bir protokol önermiştir (Wikipedia, 2023). Aslında bu blokzincir konusu 70'ler civarında ortaya çıkmıştır. Bu konu ile ilgili 1986 yılında da bir kitap yazılmıştır. Blokzincir teknolojisi yeni bir teknoloji değildir, fakat bu teknolojilerin tanımlayıcı olması, kullanılması için öncelikle altyapıların kurulması gerekmiştir.

2G kullanıldığında çok basit IoTler kullanılmaktadır fakat bu teknoloji günümüzde yeterli olmamaktadır. 3G teknolojisi gelene kadar Remote Access (Uzak Erişim) bağlantısı yapmak, veriyi almak zor olduğundan alt yapılar, sunuculara kod satırı ara yüz olmadan (command line interface) bağlanmaktadır. 1G teknolojisinde sadece analog veri transferleri bulunmaktadır. 2G de ise 20 kilobit saniye, 3G de 20 megabit saniye veri iletim hızı bulunmaktadır. Günümüzdeki teknoloji çok daha hızlıdır. Günümüzde kullanılan internette gecikme (latency) bulunmaktadır. Bu gecikme internet üzerinde gezinildiğinde oluşan gecikmedir ve gelecekte bu gecikme minimum seviyeye indirilerek internet çok daha hızlı olacaktır. Tam bu nokta da blokzincirler devreye girmektedir. Blokzincir teknolojisi eski bir teknoloji olmasına rağmen ilk çıktığında gündemde çok yer edinememiştir. Gelecek yeni teknolojilerle birlikte gecikme yok denecek kadar düşük seviyeye ineceğinden dolayı blokzincirler daha da aktif bir şekilde kullanılacaktır. Gecikme olmadığında veri tabanına gerek kalmayacak, dünyanın neresinde olursak olalım verilerin aktarımı çok hızlı, kesintisiz ve gecikme olmadan gerçekleşmesi sağlanacaktır. 4G teknolojisi 1 gigabit hızda olup 3G'nin neredeyse 50 katı olmaktadır. Şekil 2.1'de internet teknolojileri gelişimi gösterilmiştir (Çelik, 2021).



Şekil 2.1. Geçmişten geleceğe internet teknolojileri ve özellikleri

Kaynak: (Çelik, 2021)

3G de temel kısıt (latency) gecikmedir, 4G de ise bu gecikme 25 ms dir. 4G teknolojisi ile veri hızı 50 kat yükselerek teknolojiye büyük bir yenilik getirilmiştir. 5G teknolojisinde bu gecikme neredeyse yok denecek kadar azdır ve 5G'nin gelmemesinin sebebi modemlerin ve kurulumunun pahalı olmasından kaynaklanmaktadır. 6G'nin ise ortalama gelme süresinin 5-6 yıl olduğu düşünülmektedir. 6G de ise veri hızı 200 kat artarak 200 gigabit'e ulaşmakta olup gecikme milisaniyenin altına düşmektedir. Yaşadığımız zamana kadar günlük hayatta yapılan birçok işlemlerin otonom duruma getirilmemesinin sebebi ise gecikme olması ve blokzincirlerin olmamasından kaynaklanmaktadır. Çünkü verilerin fazla olması durumunda depolama kapasitesi yetersiz kalmakta ve sistem çökmektedir. Gelecekte ise fabrikalarda insanların çalışmaması, tarım için güneşe ihtiyacın olmaması, insanların evden çıkmasını gerektirecek bir durum olmayacağı öngörülmektedir. Şu anda dünyada 63 ülkede 147 tane 5G network bulunmaktadır (Ericsson, 2023).

Blokzincir teknolojisi ile bitkilerin ilaçlanması, sulanması, bakımı vd. hatasız bir şekilde yapılacaktır. Hangi bitkiye kaç gram ilaç verilecek, ne kadar su verilecek hepsi blokzincir ağlarında kayıtlı tutulacak ve blokzincir bunu bilecektir. Blokzincir sayesinde otonom cihazlar tarımda kullanılacaktır. Engebeli bir arazide yani insanın girmesinin mümkün olmadığı arazilere otonom cihazlar girerek hava şartlarına göre ihtiyacı olan akıllı altyapıyla anlık olarak gelen bilgileri toplayıp gelen bilgilerden anlam çıkartarak ihtiyacı olan ilaç miktarını bitkiye gönderecek ve ona göre ilaçlama işlemi yapacaktır. Otonom cihazların rahatlıkla kullanılması blokzincir, 5G ve 6G teknolojisi sayesinde mümkün olacaktır.

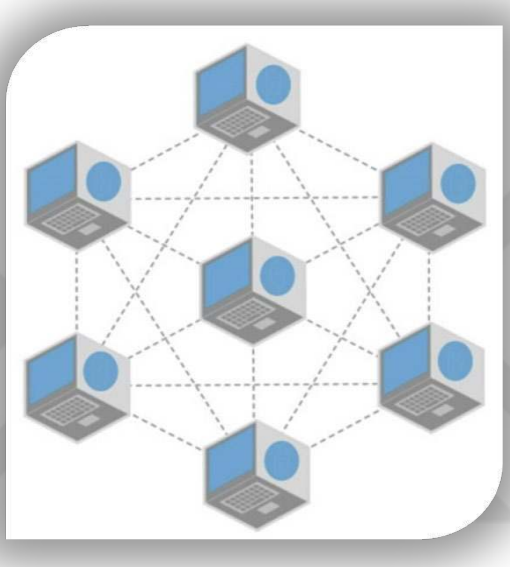
Blokzincir teknolojisi sayesinde dünyanın neresinde olursa olsun kaza yapan aracın sahip olduğu akıllı kontratının içinde tanımlanan özelliklere göre anında ilk yardım ekipleri drone yardımı ile gelecektir. Blokzincirler sayesinde yapılan kazalara ait tüm bilgiler, kaza nerede yapıldı, ne zaman yapıldı, aracın çeliği hangi ülkeden getirildi, hangi ısıda pişirildi gibi birçok bilgi silinemez bir şekilde tutulabilecektir. Blokzincirler sayesinde işçiliği yarı yarıya düşürecek bir iş dünyası gelecek olup verimliliğin %300 artacağı öngörülmektedir. Gelecekte iş dünyasının yaklaşık olarak beklentilerinin yarısı otomasyon liderliğinde olacaktır. Buna bir örnek olması açısından, Şekil 2.2'de Çin'de bir perakendecinin deposunda kullanılan robotun resmi gösterilmiştir. Bu perakendecide bu robotlardan sadece 60 tane çalışmaktadır. Fabrikada işin %'de 70'ini üstlenmiş ve verimliliği %300 arttırmış olan robotların her biri, 500 kg'a kadar yük taşıyabilmektedir. Resimdeki robotlar bataryası zayıfladığında kendilerini şarj istasyonuna götürmektedir. Bu robotlar, trafiği yöneten yapay zekâ, online satış, lojistik, depo yönetimi, sevkiyat vb. alanlarında tüm ezberleri, verimlilik, alt yapı standartlarını önemli derecede değiştirmektedir (Tarhan, 2017). Bu robotlardan bir tanesi Türkiye'de üretilmektedir.

Şekil 2.2. Çin de kullanılan otonom robot

Kaynak: (Tarhan, 2017)

Blokzincir teknolojisinin kullanılması için dünyanın her yerinde internet olması gerekmektedir. Elon Musk 44 bin uydudan 12 bin uyduyu göndermiştir (Euronews, 2023). Gönderilen uyduların içerisinde blokzincirlerin olduğu öngörülmektedir.

Blokzincir ağı adından da anlaşılacağı üzere her blokların birbirine zincirlerle bağlanması ile oluşmaktadır. Blokzinciri, kriptografi kullanılarak birbirine bağlanan ve güvenli hale getirilen, bloklar adı verilen, sürekli büyüyen bir kayıt listesidir (Wikipedia, 2023'a). Blokzincir ağına kaydedilen bir bilgi asla değiştirilemez, silinemez ve ekleme yapılamaz. Blokzincir ağına kaydedilen bir veri orada sonsuza dek kalmak üzere oluşturulmuştur. Blokzincir ağına kaydedilen veriler milyonlarca bilgisayara değiştirilemez bir şekilde kaydedilmektedir. Şekil 2.3'te blokzincir modeli gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Blokzincir modeli

Kaynak: (Stm, 2022)

Blokzincir, tüm işlemleri içeren ve ağ üzerinde uçtan uca tutulan birleştirilip katılımcılar arasında kopyalanan bir defter olarak bilinmektedir. Bu işlemler parasal transfer işlemlerinden mülk transferine kadar her şey olabilmektedir. Ağdaki üyelere düğüm adı verilir ve bu üyeler anonim kişiler tarafından oluşturulmaktadır. Ağda kurulan tüm iletişimlerde, gönderen ve alıcıyı güvenli bir şekilde tanımlamak için kriptografi algoritması olan sha256 kullanılmaktadır. Bir düğüm deftere bir kayıt eklenmek istendiğinde, bu kaydın nerede olması gerektiğine fikir birliği bir diğer adı ile blok karar vermektedir. Fikir birliği, yönetim organı ve karar alıcı mekanizmadır. Yeni oluşan bir bloğun gerçek olup olmadığını ve zincire eklenmesi gerekip gerekmediğini onaylamak için dağıtılmış fikir birliği yöntemi uygulanmaktadır (Charleer et al., 2016). Sistem üzerinden bir değer gönderip almak isteyen kullanıcının bir kapalı anahtara ve ona bağlı bir açık anahtara sahip olması gerekmektedir.

Kapalı anahtar, dijital imzalama sürecinde sahip olunan nesneyi birisine göndermek için ihtiyaç olan anahtara denmektedir. Bununla ilişkili olan açık anahtar başka kişilerin nesneler gönderebileceği bir adres görevi yürütmekte olup aynı zamanda şifrelenmiş mesajın açılmasına ve özel anahtar ile içeriğin kontrol edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca açık anahtar sayesinde sistemdeki diğer tüm taraf kişiler işlemin geçerliliğini kontrol etmektedir. Şifrelenen mesaj genel anahtar ile açılmıyorsa, geçerli bir talebin olmadığı ve transfer işleminin geçersiz olduğu anlamına gelmektedir.

Özel anahtarla imzalanan transfer işlemi P2P ağında yayınlanmaktadır. Mesaj, sadece alıcıya değil ağda bağlı olan tüm düğümlere gönderilmektedir. Mesajı ilk kez alan düğümler ayrıca sürecin meşru ve geçerli olup olmadığını kontrol etmekte ve ardından bunu bağlı oldukları düğümlere dağıtmaktadır. Bu sayede işlem kısa sürede, alıcı da dâhil olmak üzere tüm ağa yayılmaktadır. Mesajı alan düğümler, içeriğin şifresini çözmek ve kontrol ederek mesaj içeriğini açmak için açık anahtarı kullanmaktadır. Bu doğrulama başarısız olduğunda, mesaj reddedilerek ve işlem başarısız sayılmaktadır. Başarılı işlemler, madenci olarak adlandırılan bir düğüm tarafından "Onaylanmamış İşlem Havuzu" olarak tanımlanan bir listeye alınmaktadır. Kurallara uygun bulunmayan bir mesaj listeye eklenmemektedir. Bu işlem havuzu aslında bekleme listesine benzetilebilir. Burada yapılan işlem henüz blokzincirine bir blok halinde eklenmemistir. Zincire bloklar eklemek ve süreci tamamlamak için bu işlemlerin onaylanması gerekmektedir. Bu onay “Madencilik” ile gerçekleştirilmektedir. Madenciler temel olarak yeni işlemleri onaylamakta olup bunları dağıtık deftere kaydetmektedir. Bir işlemin, bir bloğun parçası haline geldiği ve blokzincir ağına eklendiğinde onaylandığı söylenmektedir. Ancak madencilik işlemi, önemli bilgisayar hesaplama gücü gerektirmektedir. Öne çıkan iki madencilik yöntemi bulunmaktadır. Bunlar: "Proof of Work" ve "Proof of Stake"dir (Mendi, Aralık 2021).

2.1 Proof of Work (PoW)

İş İspatı (Proof of Work; PoW) blokzinciri ağında işlemleri onaylamak ve zincirde yeni bloklar oluşturmak için anlaşma sağlamakta kullanılan konsensüs mekanizmasına denmektedir. İş İspatı mekanizmasında madenciler, işlemleri doğrulamak için birbirleriyle rekabet ederek ödül kazanmaktadır. Bir sonraki bloku oluşturmak için seçilme olasılığı madencinin işlem gücüne bağlı olmakta olup çok fazla enerji tüketmektedir (Moreland, 2022’a).

2.2 Proof of Stake (PoS)

Ağı güvenceye almak için kripto varlıkları kilitleme ve bunun karşılığında faiz ödemesi alma işlemine Hisse İspatı (Proof of Stake, PoS) denmektedir. Hisse İspatı bir sonraki

bloku kimin doğrulayacağına karar veren bir konsensüs algoritması olarak tanımlanmaktadır. Geleneksel olarak kullanılan İş İspatı (algoritmasında madenciler işlemleri onaylamak adına cihazlarının işlem gücünü kullanarak kriptografik bulmacaları çözerken, PoS algoritmasında doğrulayıcılar ellerinde tuttukları dijital para (coin) miktarına bağlı olarak seçilmektedir. Sektör genelinde birçok uzmanın desteğini alan Hisse İspatı daha çok kullanılmaktadır (Moreland, 2022b).

2.3 Blokzincir Teknolojisi Özellikleri

Blokzincir teknolojisi merkezi olmayan bir yapıya sahiptir. Bu sayede bazı üstünlükleri bulunmaktadır. Bunlar (Mendi, 2021)'den derlenerek aşağıda kısaca verilmiştir.

a) Merkeziyetsizlik: Merkezi olmayan veri yapısı sayesinde, herhangi bir merkeze ihtiyacı bulunmamaktadır. Bu sayede hem işletim hem de bakım maliyetlerinde iyi derecede tasarruf elde edilmektedir.

b) Şeffaflık: Blokzincir ağında yer alan tüm faaliyetler dağıtık defterde kayıtlı olarak tutulmaktadır. Bu sayede ağda bulunan katılımcılar verileri şeffaf bir şekilde görüntülemektedir. Ağ üzerinde yer alan tüm işlemler şeffaf bir şekilde takip edilebilmekte olup veri manipülasyonu önlenmektedir. Sistemde olan varlıkların hangi kaynaklara gittiği ve kimlerin elinden geçtiği takip edilmektedir.

c) Gizlilik: Sistemde olan tüm katılımcılar işlemlerin hepsini görmekte olup işlemin kime ait olduğunu görememektedir. Blokzincir ağı üzerinden yapılan işlemler şeffaf olmakla birlikte işlemin kime ait olduğu bilgisi şifresi çözülemez bir şekilde gizli tutulmaktadır.

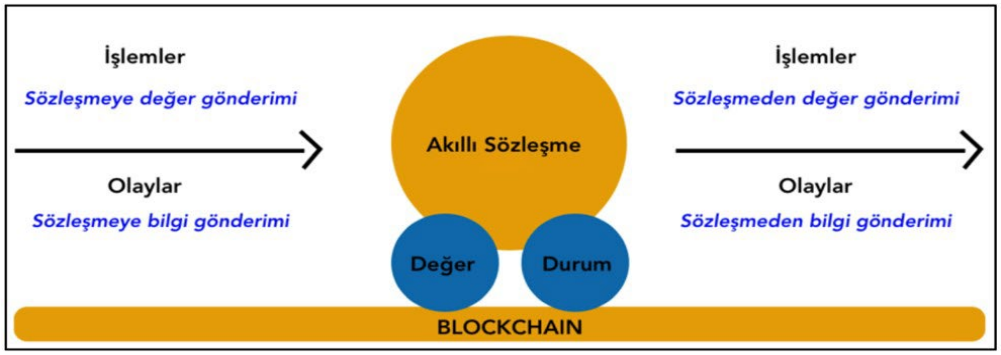
d) Güvenlik: Blokzincir ağında merkezi kontrol olmadığından dolayı siber saldırıların tüm uçlara yapılması gerekmektedir. Bu durum ise yüksek enerji gerektirmekte olup ekonomik olmamaktadır. Blokzincir ağında hata toleransı çok yüksek olmaktadır. Merkezi olmayan ağları oluşturan fazla makine olmasından dolayı sistemin çökmesi daha da zorlaşmaktadır.

3. AKILLI SÖZLEŞMELER

Akıllı sözleşme kavramı ilk olarak 1990'lı yılların başında bilgisayar bilimcisi Nick Szabo tarafından ortaya atılmıştır. Akıllı kontrat kavramına blokzinciri teknolojisi ve Ethereum ağı ile dahil olmuştur. Madeni veya kâğıt para ile çalışan ve temelde bir takas sözleşmesi amacı üzerine kurulmuş otomat makineleri, akıllı sözleşmelerin atası olarak bilinmektedir (Fon.hum.uva.nl, 2017). Akıllı kontratlar; kullanıcılar arasındaki işlemlerin, yalnızca belirli koşulların gerçekleşmesi sonucunda çalışmasını sağlayan teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Btcturk, 2023). Akıllı sözleşmeler anonim kişiler arasındaki işlemlerin ve anlaşmaların güvenli ve tutarlı bir şeklide olmasını sağlamaktadır. Oluşturulan akıllı sözleşmeler üzerinde geriye dönük değişiklik yapılamamaktadır. Akıllı kontratlar merkezi olmayan yapıda olup herhangi bir yasal sisteme ya da icra mekanizmasına ihtiyaç duymamaktadır. Bu sayede daha hızlı ve düşük maliyetli olmaktadır. Akıllı kontratlar yazılım algoritmaları ile şifrelenerek dağıtık defterde tutulmaktadır bu sayede yüksek güvenlik sağlanmaktadır. Blokzincirlere gömülü olan akıllı sözleşmeler, bir anlaşmanın sözleşme şartlarının güvenilir üçüncü tarafın müdahelesi olmadan otomatik olarak uygulanmaktadır. Akıllı sözleşmelerin ilk örneği Bitcoin sadece para transferleri amacı ile kullanılmaktadır. Ethereum akıllı sözleşmeleri ise Bitcoin'den farklı olup blokzincir üzerine daha farklı bir algoritmik yapı kullanılmaktadır (Wikipedia, 2023b).

3.1.Akıllı Sözleşme İşleyişi

Akıllı sözleşmeler, tarafların konu üzerinde anlaşmalarından sonra hazırlanıp, kriptografik olarak imzalanarak blokzincir ağına yüklenmektedir. Blokzincir ağına yüklenen akıllı sözleşmeler, blokzincir üzerinde olan diğer bileşenlerle etkileşim kurabilmektedir. Bu etkileşim bir işlemin başlatılması olduğu gibi bir bilginin gönderilmesi veya teslim alınması şeklinde de olabilmektedir. Sözleşme hazırlanırken içerisinden belirlenmiş durumlar ortaya çıktığında, akıllı sözleşmeler otomatik olarak içerisinde tanımlanmış olan anlaşma koşullarının çalıştırılmasını sağlayan programlar şeklinde olarak tanımlanmaktadır. Şekil 3.1'te akıllı sözleşmelerin çalışma prensibi resmedilmiştir (Usta, 2016).

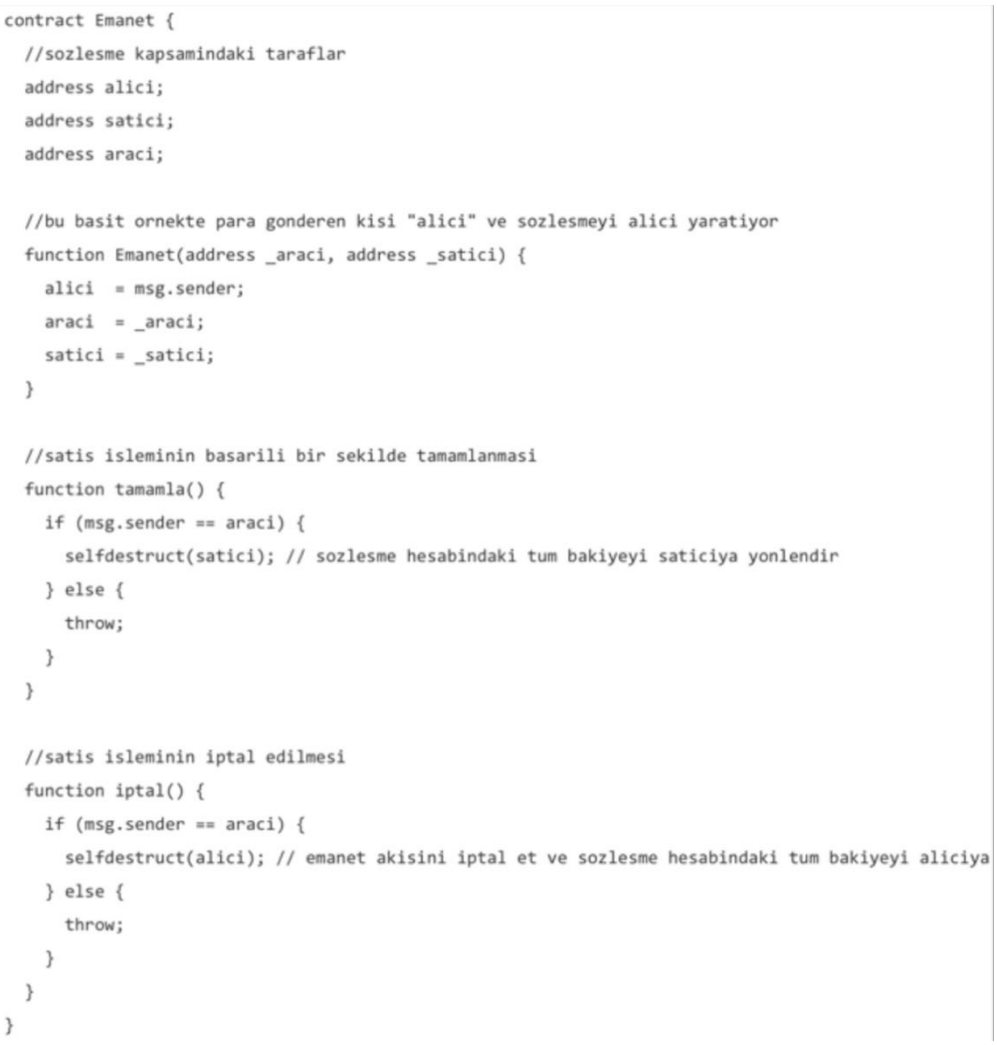


Şekil 3.1. Akıllı sözleşme çalışma prensibi

Kaynak: (Usta, 2016)

Akıllı sözleşmelerin doğru bir şekilde çalışabilmeleri için, belirli uygun ortamda çalışması gerekmektedir. İlk olarak ortam, kullanıcıların özel oluşturulmuş kriptografik kodlarını kullanarak imza atabilmeleri için açık anahtar kriptografisini desteklemesi gerekmektedir. İkinci olarak, sözleşmedeki tarafların güvenebileceği ve tamamen otomatik olan, açık ve merkezi olmayan bir veri tabanı olması gerekmektedir. Akıllı sözleşmenin uygulanabilmesi için, merkezi ortamın olmaması ve son olarak akıllı sözleşme tarafından kullanılan dijital verinin kaynağının tamamen güvenilir olması önemlidir (Wikipedia, 2023b).

Şekil 3.2'te yer alan resimde Ethereum üzerinden basit bir alışveriş akışı için emanet yapısını içeren basitleştirilmiş bir akıllı sözleşme örneği gösterilmiştir.



```
contract Emanet {
  //sozlesme kapsamindaki taraflar
  address alici;
  address satici;
  address araci;

  //bu basit ornekte para gonderen kisi "alici" ve sozlesmeyi alici yaratiyor
  function Emanet(address _araci, address _satici) {
    alici  = msg.sender;
    araci  = _araci;
    satici = _satici;
  }

  //satis isleminin basarili bir sekilde tamamlanmasi
  function tamamla() {
    if (msg.sender == araci) {
      selfdestruct(satici); // sozlesme hesabindaki tum bakiyeyi saticiya yonlendir
    } else {
      throw;
    }
  }

  //satis isleminin iptal edilmesi
  function iptal() {
    if (msg.sender == araci) {
      selfdestruct(alici); // emanet akisini iptal et ve sozlesme hesabindaki tum bakiyeyi aliciya
    } else {
      throw;
    }
  }
}
```

Şekil 3.2. Ethereum akıllı sözleşme örneği

Kaynak: (Usta,2016)

3.2. Akıllı Sözleşme Güvenlik Sorunları

Akıllı sözleşmeler ile ilgili oluşabilecek güvenlik sorunları aşağıda kısaca verilmiştir.

3.2.1.Gecikme süresi

Günümüzde blokzincir yapıları, işlemlerin doğrulanıp blok mantığında eklenmesi sırasında yüksek gecikme süreleri yaşanmaktadır. Diğer veri tabanlarında ise bu işlemler milisaniye cinsinden ölçülmektedir. Ethereum'da bu değer ortalama 15–17 saniye kadar sürmektedir.

3.2.2.Dış bilgiye erişim

Akıllı sözleşmelerin sadece blockchain üzerindeki bilgilere erişimleri olduğundan dış sistemlerdeki olayları ve bilgileri blockchain yapılarına yönlendirecek Oracle servisi ve buna benzer eşdeğer güvenilir veri servislerine ihtiyaç duyulmaktadır.

3.2.3.Güvenlik

Blokzincir yapıları kriptografik olarak veri güvenliği sağlamış olmalarına rağmen blokzincir üzerinde yapılan akıllı sözleşme tanımlarında, kullanılan platformların yapısının doğru anlaşılmaması kaynaklı hatalı uygulama yapılarının olduğu gözlemlenmiştir. National University of Singapore tarafından yapılan akademik çalışmada Ethereum üzerinde tanımlı 19.366 akıllı sözleşmeden 8.833 tanesinde sözleşmenin manipule edilip sonucunda kazanç elde edilebilecek güvenlik açıklarının olduğu tespit edilmiştir.

3.2.4. Esneklik

Blokzincir tabanlı akıllı sözleşmelerin "değiştirilemez" yapısından dolayı geliştiriciler sözleşme üzerinde değişiklik gerekebilecek tüm olası senaryoları önceden düşünmek ve sözleşme tanımına eklemek zorunda olmaktadır. Bu gerçek dünya kullanımlarında olması gereken esneklikler açısından sıkıntı oluşturmaktadır (Usta, 2016).

3.3. Akıllı Sözleşme Uygulama Alanları

Blokzincir teknolojisi sayesinde gelecekte tapu kayıtları, motorlu araç sicili ile marka ve patent sicili kayıtları eğer blokzincir üzerinde tutulursa akıllı sözleşmeler ile kamu kurumları ile banka veya noter gibi güvenilir üçüncü kişilere ihtiyaç olmadan, taşınmaz ve taşınır malların ve para gibi değerlerin aracısız bir şekilde kişiden kişiye aktarımı mümkün olması sağlanacaktır (Ege Hukuk Bürosu, 2020) (New Bilişim Teknolojileri, 2020). Miraslar akıllı sözleşmeler yolu ile bir ölüm belgesinin üzerine kaydedilmesi otomatik olarak paylaşılabilir olmaktadır. Doğum sertifikaları da akıllı sözleşmeler ile çalışabilmektedir. (Boucher, 2017) (Inc, 2017).

4. BLOKZİNCİR TABANLI APARTMAN AİDAT ÖDEME SİSTEMİ

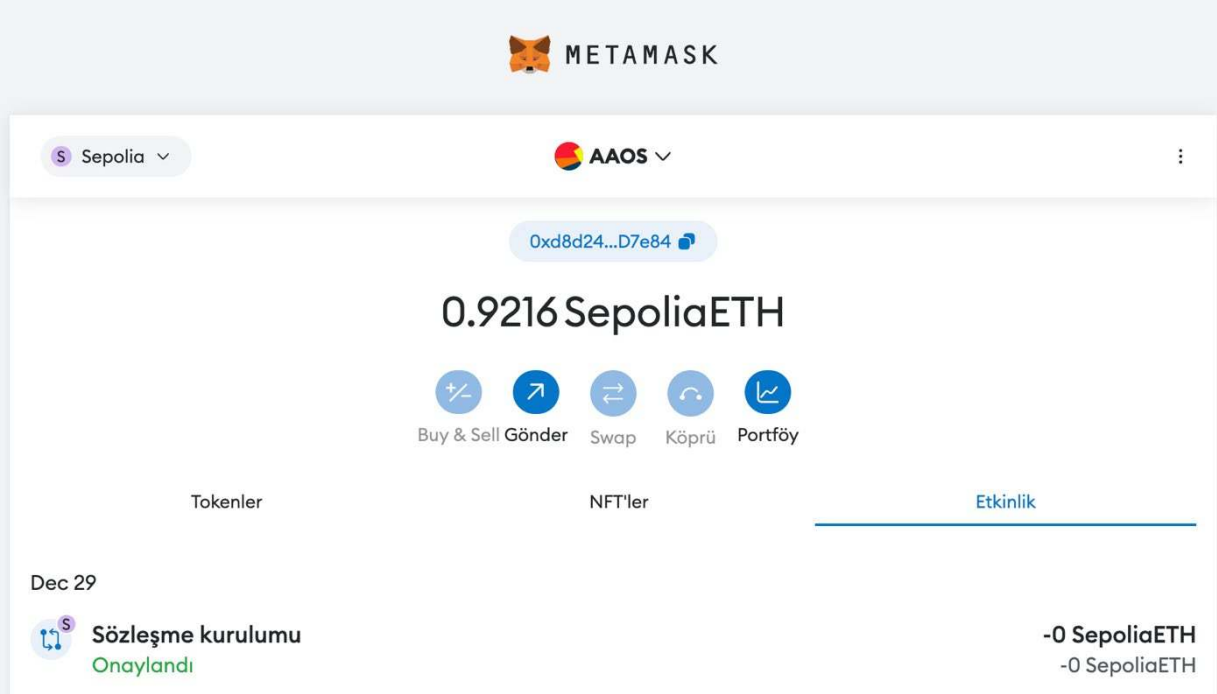
Geleneksel yöntemlerle yapılan apartman aidat ödemeleri, merkezi bir veri tabanında saklanmakta olup bu nedenle güvenlik riskleri taşımaktadır. Blokzincir tabanlı site aidat ödeme sistemi, bu güvenlik zafiyetlerini ortadan kaldırarak, apartman sakinlerinin ödemelerini daha güvenli ve şeffaf bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlayabilir. Bu çalışmada geliştirilen sistem sayesinde apartman sakinleri aidat ödemelerini metamask cüzdanları ile blokzincir ağı üzerinden yapması uygulamanın halka açık, şeffaf ve herkes tarafından takip edilebilir olmasını sağlamaktadır. Böylece aidat ödeme işlemleri blokzincir teknolojisi ile doğrulanabilmekte, rahatlıkla izlenebilmekte ve yönetici ile apartman sakini arasında güven ortamın oluşmasını sağlamaktadır. Yapılan çalışma tek bir merkeze bağlı olmayan bir uygulama olması nedeniyle aidat ödemelerinde güven ortamı oluşturması açısından oldukça önemli bir role sahiptir.

Blokzincir tabanlı aidat ödeme sistemi Solidity programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Solidity programlama dili yerine farklı programlama dilleri de kullanılabilmektedir. Bu çalışmada Soliditiy programlama dilinin tercih edilmesinin sebebi ise diğer merkeziyetsiz uygulama geliştirme dillerine göre daha az karmaşık olmasıdır. Truffle uygulama çatısı akıllı sözleşme yazma, bir lokal blokzincir olarak kullanılan Ganache üzerinde yayınlama ve test etme üzerine sunduğu birçok kolaylık olması dolayısıyla tercih edilmiştir. Merkeziyetsiz bir uygulama geliştirme bilinen programlama dilleriyle merkezi bir uygulama geliştirmeye nazaran kodlama, derleme, test etme, temel çalışma prensipleri ve çalışma mantığı açısından birçok farklılığa sahiptir. Uygulama herhangi bir otoriteye bağlı olmaması nedeniyle sadece hedeflenen bir hizmete veya çözüme ulaşma amacının dışında oluşabilecek hukuka aykırı bir durum, hizmet aksaması, öngörülemeyen kodlama hataları gibi pek çok konunun derinlemesine ele alınması gerekmektedir. Ethereum'un güvenlik, ölçeklenebilirlik ve hız kriterlerinin yeterli olması uygulamayı başarım kriterleri açısından güvenilir yapmaktadır. Ayrıca Bitcoin (Nakamoto, 2008), Ethereum (Buterin, 2013), Hyperledger Fabric (Androulaki vd. 2018), Corda (Brown, 2018), EOS (Xu vd. 2019), Nxt (Nxt Community, 2014), Tron (Tron Whitepaper, 2017) vb. popüler blokzincir platformlarıdır. Kullanım amaçlarına göre yapıları birbirlerinden farklılık göstermektedir. Bu çalışma ile yapılan uygulamada ise Ethereum blokzincir platformu kullanılmaktadır.

Uygulamada kullanılan teknolojiler ve uygulamanın mimari yapısı ilerleyen başlıklarda açıklanmaktadır. Ayrıca akıllı sözleşme geliştirmede Ethereum'un seçilmesindeki nedenler de belirtilmiştir.

4.1.Metamask Cüzdanları

Apartman sakinleri için tasarlanan blokzincir tabanlı site aidat ödeme sistemi, kullanıcıların merkeziyetsiz cüzdanları olan Metamask kullanmalarını gerektirmektedir. Metamask, Ethereum ağı üzerinde çalışan bir cüzdandır ve kullanıcıların güvenli bir şekilde işlem yapmalarını sağlayan özel anahtarlar ile korunmaktadır. Bu cüzdanlar, apartman sakinlerine elden veya banka cüzdanlarından ödemek yerine, merkeziyetsiz, güvenli ve şeffaf olan Ethereum ağı üzerinden aidat ve diğer ödemeleri gönderme imkânı sunmaktadır. Şekil 4.1'de bir Metamask cüzdanı ekran görünümü verilmiştir.



Şekil 4.1. Apartman sakinine ait örnek Metamask cüzdanı

Sistem arka planında çalışan akıllı kontratlar, ödemeleri yönetmek için kodlanmış özel sözleşmelerdir. Bu kontratlar, aidat miktarlarını ve ödeme detaylarını içermektedir.

4.2.Akıllı Sözleşmeler ve Truffle Geliştirme Ortamı

Sistemde, aidat ödemeleri ve diğer işlemler için kullanılacak akıllı sözleşmeler, blokzincirin temel yapısını oluşturmaktadır. Akıllı sözleşmeler, site yöneticisine, apartman sakinlerine ve gerçekleştirilecek ödemelere ait ayrıntılı bilgiler içermektedir. Ayrıca, site yöneticisinin aidat ücretlerini değiştirmesi ve değişen daire sakinlerine ait bilgileri değiştirmek için gerekli fonksiyonları barındırmaktadır. Akıllı kontratlar, sistemin arka planında çalışır ve merkezi olmayan yapılar sayesinde güvenlik açıklarını en aza indirmektedir.

Akıllı kontrat içerisinde kullanılan fonksiyonlar şunlardır:

kullaniciEkle(): Yönetici tarafından yeni kullanıcı eklemek için kullanılan fonksiyondur.

```
function kullaniciEkle(address kullaniciAdresi) external sadeceYonetici
{ kullaniciListesi[kullaniciAdresi] = true; }
```

kullaniciyaOdemeYap(): Kullanıcıların belirlenen aidat miktarını göndermek için kullanılan fonksiyondur.

```
function kullaniciyaOdemeYap() external payable {
require(kullaniciListesi[msg.sender]); require(msg.value == aidatMiktari);
odemeMiktarlari[msg.sender] += msg.value; emit
AidatOdemeleriGuncellendi(msg.sender, odemeMiktarlari[msg.sender]);
  }
```

aidatMiktariDegistir(): Yönetici tarafından aidat miktarını değiştirilmek istendiğinde kullanılan fonksiyondur.

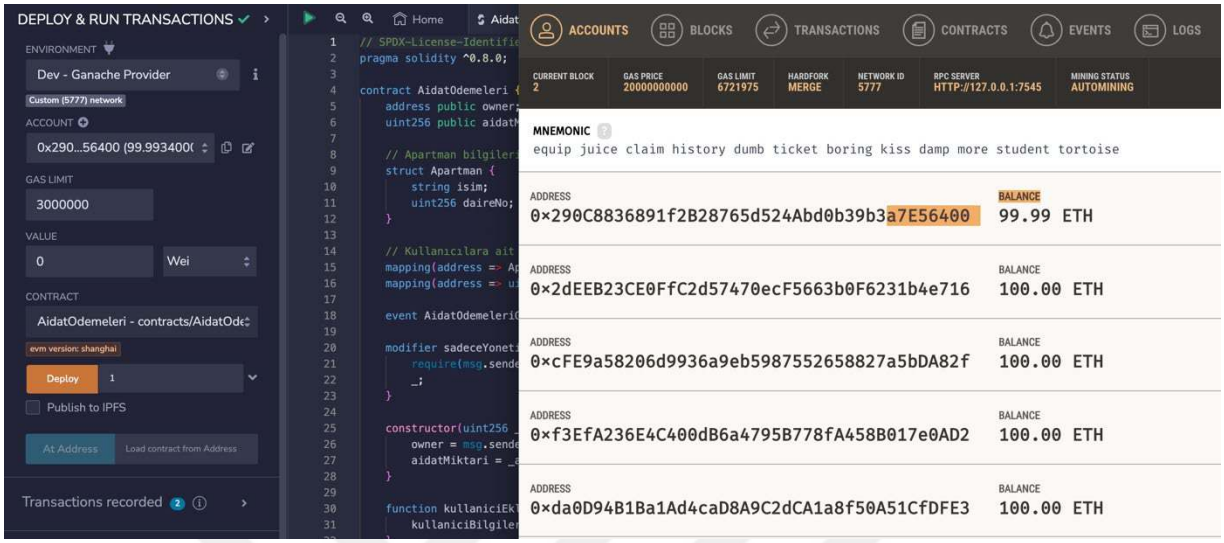
```
function aidatMiktariDegistir(uint256 yeniAidatMiktari) external sadeceYonetici
{ aidatMiktari = yeniAidatMiktari; }
```

kullaniciOdemeBilgisi(): Kullanıcının yaptığı ödeme miktarını görüntülemek için kullanılan fonksiyondur.

```
function kullaniciOdemeBilgisi(address kullaniciAdresi) external view returns
(uint256) { return odemeMiktarlari[kullaniciAdresi]; }
```

Akıllı sözleşme Ethereum tabanlı bir uygulama olup Solidity programla dili ile gerçekleştirilmiştir. Sistemdeki akıllı sözleşmelerin geliştirilmesi ve yönetimi için Truffle geliştirme çatısı kullanılarak Ganache sanal ortamı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Remix ortamında yazılan Akıllı Kontrat Ganache sanal ortamı üzerinden dağıtımı sağlanmıştır. Truffle, Ethereum akıllı sözleşmelerin yazılması, test edilmesi ve yönetilmesi için popüler bir

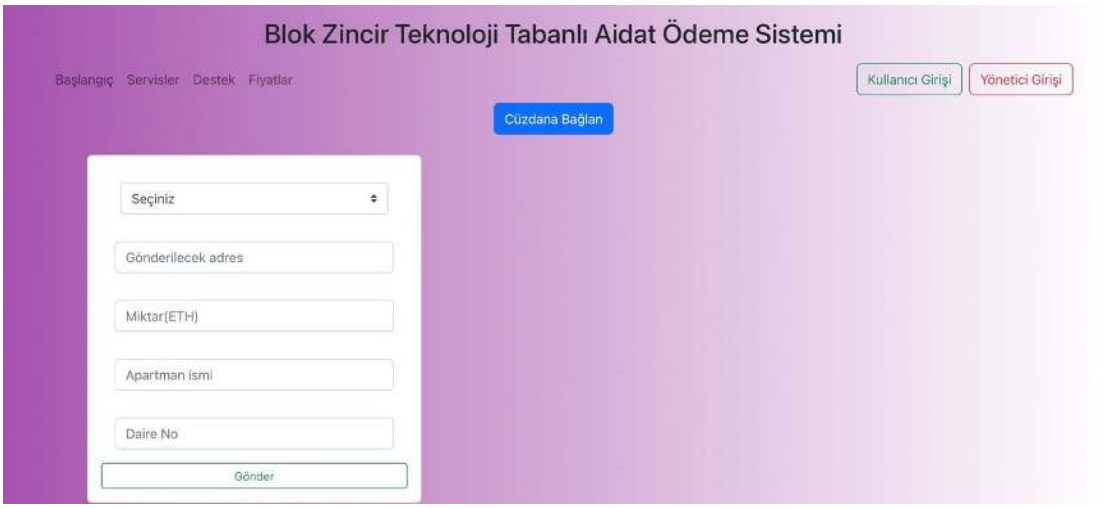
geliştirme ortamıdır. Truffle sayesinde akıllı sözleşmelerin geliştirilmesi ve yönetimi daha etkili ve kolay hale gelmektedir. Şekil 4.2'de projede yazılan akıllı sözleşmenin Ganache sanal ağında dağıtımı gösterilmektedir.



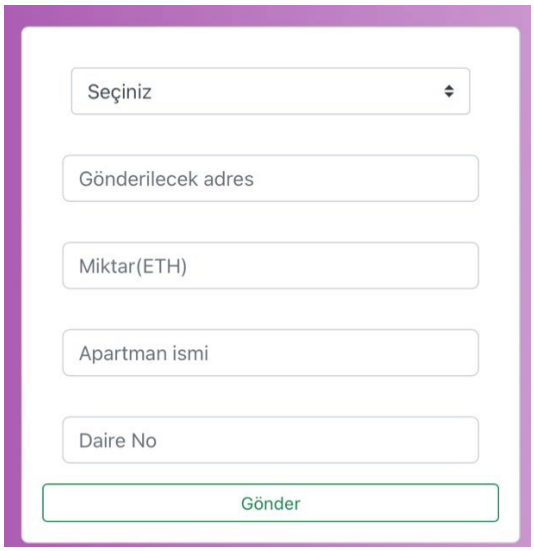
Şekil 4.2. Akıllı sözleşme ve Ganache bağlantısı

4.3.Kullanıcı ve Yönetici Arayüzleri

Apartman sakinleri, kullanıcı arayüzü sayesinde ödeme işlemlerini kolayca gerçekleştirebilmektedir. Kullanıcı arayüzü, apartman sakinlerinin blokzincir tabanlı aidat ödemelerini gerçekleştirebildiği bir platformdur. Bu arayüzde, kullanıcılar gönderilecek miktarı, gönderim yapılacak hesap bilgisini, ödeme türünü, apartman ve daire bilgilerini seçerek aidat veya diğer ödemelerini Ethereum ağı üzerinden gerçekleştirmektedirler. Bu işlemler, şifrelenmiş bir şekilde blokzincir ağında kalıcı olarak kaydedilmektedir. Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te kullanıcı arayüzüne ait görüntüler eklenmiştir.

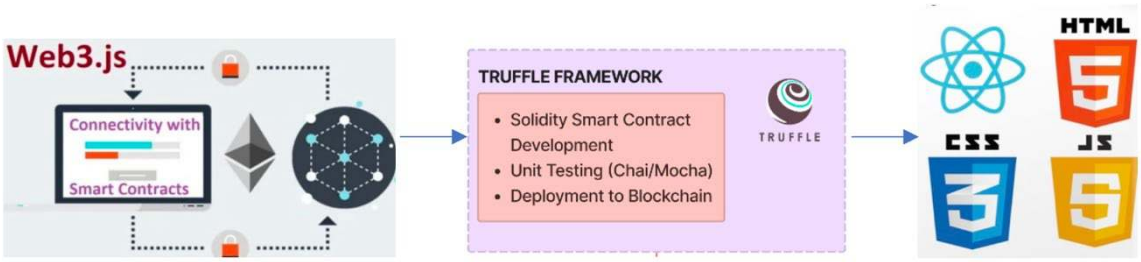


Şekil 4.3. Metamask cüzdana bağlanmak ve sisteme giriş yapmak için kullanılan arayüz



Şekil 4.4. Kullanıcı aidat gönderme ekranı

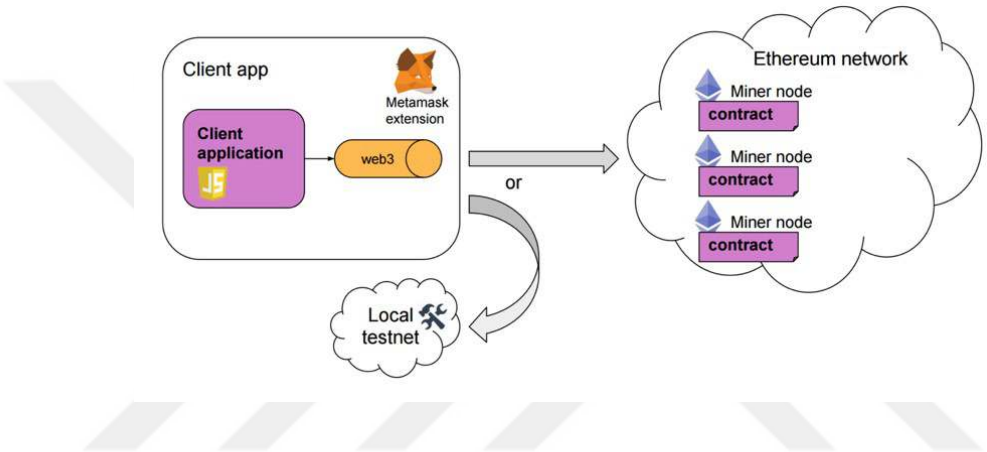
Site yöneticisi, ayrı bir arayüz kullanıp aidat ve diğer ödemelerle ilgili detaylara erişebilmektedir. Aidat ücretlerini değiştirme ve ödeme harici bilgileri sisteme ekleyebilmekte ayrıca değişen apartman sakinlerini sistemde güncelleyebilmektedir. Yönetici arayüzü, ödemelerin ve yapılan işlemlerin şeffaf bir şekilde görüntülenebilmesini sağlamaktadır. Yönetici, aidat ve diğer ödemelerle ilgili ayrıntılı bilgilere erişebilmekte ve sistem üzerindeki verileri inceleyebilmektedir. Şekil 4.5'te uygulamada kullanılan yazılım araçları ve çalışma ortamına yer verilmiştir.



Şekil 4.5. Çalışmada kullanılan yazılım araçları ve birbirleri ile ilişkisi

4.4.Kalıcı Bellek Bölgeleri ve Olaylar

Apartman sakinleri tarafından yapılan aidat ödemelerine ait bilgiler, veri yerleştirme yapısı kullanılarak blokzincirdeki akıllı kontratlar içerisinde kalıcı bellek bölgelerinde saklanmaktadır. Bu sayede veriler değiştirilemez bir şekilde korunmakta ve veri güvenliği sağlanmaktadır. Ayrıca, ödemeler blokzincirde olaylar (events) aracılığıyla kaydedilip her zaman açık bir şekilde listelenerek incelenebilmektedir. Şekil 4.6'te kullanıcıların aidat ödemelerini yaparken arka planda akıllı sözleşme üzerinde kullanılan web3 kütüphanesi, arayüz ve Ethereum Network arasındaki ilişki resmedilmiştir.



Şekil 4.6. Çalışmada kullanılan arayüz, akıllı sözleşme ve ağ gösterimi

Kaynak: (SoftwareMill, 2023)

4.5.Raporlama ve Filtreleme

Aidat ve diğer ödemelere ait raporlama talepleri, akıllı kontratlar içinde yer alan fonksiyonlar sayesinde karşılanmaktadır. Kalıcı bellek bölgelerinde kaydedilen veriler, raporlama ve filtreleme için kullanılabilmektedir. Sistemdeki akıllı kontratlar içerisinde yer alan fonksiyonlar sayesinde yönetici, ödemelere ait raporlar alabilmekte ve istediği şekilde filtreleme yapabilmektedir. Ödeme geçmişi, yapılan işlemler ve diğer detaylar kolayca görüntülenebilmektedir. Şekil 4.7'da bir raporlama görüntüsü verilmiştir.

Txn Hash	Method	Block	Age	From	To	Value	Txn Fee
0xbdfd1131ad2f8f9ada...	Transfer	17758152	17 secs ago	rsync-builder.eth	Lido: Execution Layer R...	0.092236409 ETH	0.00078161
0x32fb7f3d10c32a4a7b...	Transfer	17758152	17 secs ago	0x3cb193...408528d2	0xa26e73...4fcC4A04	0.136307131 ETH	0.000743
0x11151cb68758c1b8f...	Swap	17758152	17 secs ago	0x2833f4...4aFfcF6A	1inch v5: Aggregation R...	0.124 ETH	0.00640164
0xd6e4de036b0018305...	Transfer	17758152	17 secs ago	0xeeC0Ed...cA927405	Tether: USDT Stablecoin	0 ETH	0.00224035
0x84de2c644f6fb077c2...	Execute	17758152	17 secs ago	0x6EEbb8...037A5387	Uniswap: Universal Rout...	0 ETH	0.00742301
0x73b513473b0150f5f4...	Close Swap	17758152	17 secs ago	0xB35F9a...262db7Da	0x4315f3...fcA37D57	0 ETH	0.01304499
0x9f63f186f5dcc7b9a1...	Transfer	17758152	17 secs ago	0x67f2fC...9Ec023C5	0x2b649d...DA31b49f	1.471013731 ETH	0.00074431

Şekil 4.7. Ethereum ağında yapılan para (coin) transfer işlemleri raporlama görüntüsü

4. SONUÇ

Blokzincir tabanlı aidat ödeme sistemi, apartman sakinlerinin ödemelerini güvenli, izlenebilir ve şeffaf bir şekilde gerçekleştirebilmesini sağlayan, yönetimsel deneyimi kolaylaştıran yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Merkezi olmayan veri tabanı yapısı ve değiştirilemez veri kayıtları, veri güvenliği ve yönetimsel şeffaflığı ön planda tutmaktadır. Bu sayede, apartman yönetimi daha güvenli ve verimli bir şekilde yönetilmektedir. Site içerisinde yer alan apartmanlarda ikamet eden apartman sakinlerinin aidat ödemeleri, aksamadan yapılması sağlanmıştır.

Bu çalışmanın sonucunda, geleneksel apartman aidat ödeme yöntemlerinin güvenlik zafiyetleri taşıdığı ve merkezi bir veri tabanının risklerini barındırdığı görülmüştür. Blokzincir tabanlı site aidat ödeme sisteminin, apartman sakinlerinin ödemelerini daha güvenli ve şeffaf bir şekilde gerçekleştirmelerine olanak sağladığı ortaya çıkmıştır. Geliştirilen sistem sayesinde apartman sakinleri aidat ödemelerini Metamask cüzdanları üzerinden blokzincir ağına göndererek işlemlerini halka açık, izlenebilir ve şeffaf bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Çalışma için yazılan akıllı sözleşme sayesinde aidat ödeme işlemi kesintisiz ve 7/24 yapılacak şekilde sistem tasarlanmıştır. Bu durum, aidat ödemelerinin blokzincir teknolojisi ile doğrulanabilir hale getirilmesini, izlenebilirliğin artırılmasını ve yönetici ile apartman sakini arasında artan bir güven ortamının oluşmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada, Solidity programlama dili kullanılarak blokzincir tabanlı aidat ödeme sistemi geliştirilmiştir. Solidity'nin tercih edilme nedeni, diğer merkeziyetsiz uygulama geliştirme dillerine göre daha az karmaşıklık taşımasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca Truffle uygulama çatısının kullanılması, akıllı sözleşme yazma, test etme ve lokal blokzincir olan Ganache üzerinde yayınlama gibi aşamalarda kolaylık sağladığı için tercih edilmiştir. Merkeziyetsiz bir uygulama geliştirme, geleneksel merkezi uygulama geliştirmeye göre farklılıklar taşıdığı için derinlemesine ele alınması gereken birçok unsuru içermektedir.

Ethereum'un güvenlik, ölçeklenebilirlik ve hız kriterlerinin uygulamanın güvenilirliğine katkı sağladığı görülmüştür. Popüler blokzincir platformları arasında yer alan Ethereum, bu çalışmada kullanılmış ve uygulamanın başarım kriterlerini karşılayacak bir çerçeve sunmuştur.

Sonuç olarak, bu çalışma ile geliştirilen blokzincir tabanlı aidat ödeme sistemi sayesinde apartman sakinlerinin ödemeleri daha güvenli ve şeffaf bir şekilde gerçekleştirmeleri sağlanmıştır. Ethereum'un tercih edilmesi, Solidity programlama dili ve Truffle uygulama çatısının kullanılması, uygulamanın başarılı bir şekilde geliştirilmesine katkı

sağlamıştır. Bu çalışma, merkeziyetsiz bir uygulama geliştirme sürecinin karmaşıklığını ve güvenlik önemini vurgulamaktadır.

Tanınması, düzenli ve genelde sorunsuz çalışan bir mekanizmaya sahip olması nedeni ile benzer çalışmalar Ethereum ağında yapılmaktadır. Hyperledger veya farklı ağlar gibi blokzincir tabanlı ağlar ile de finansal projeler geliştirilmektedir. Fakat Hyperledger'in yapısında bir token bulunmaması, özel (private) olması, fikir birliği algoritmasının farklılığı gibi sebepler bu tarz bir sistemin altyapısını geliştirmeyi zorlaştırmaktadır. Ethereum'un kullanılmasındaki en büyük etken akıllı sözleşmeler, güvenlik, kolay entegrasyon ve birçok uygulamada kullanılarak kendini ispatlamış olmasından kaynaklanmaktadır. Saniye başına gerçekleşen işlem (transaction) sayısı ve işlem ücretleri Ethereum ağının olumsuz yönleri olarak görülebilmektedir. Yapılan çalışma söz konusu olan bu durum dikkate alınarak yapılmıştır. Bu tür sistemler finansal işlemlerde ve ödeme süreçlerinde güvenliğin ve şeffaflığın sağlanması açısından gelecekteki ödeme yöntemleri arasında önemli bir yere sahip olacaktır.

KAYNAKÇA

Akhter, A. F. (2021). *Design and implementation of a new blockchain algorithm to increase reliability, security and integrity.* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Sakarya University, Sakarya.

Al-mutar, F. H. N., Ibrahim, A. A., & Ucan, O. N. (2023). Provide a new framework for blockchain-based integrated and resource classification for the cloud. *Applied Nanoscience*, *13*(3), 1893-1906.

Al-Saedi, S. K. R. (2022). *Automating organizational interoperability in e-government services using blockchain technology.* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Altınbaş University, Institute of Graduate Studies, İstanbul.

Alaçam, S. (2023). *Using blockchain technology to improve the collaboration in trucking industry: A design science,* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Boğaziçi University, Social Sciences Institute,Management information systems, İstanbul.

Alkhateeb, A. (2023). *Hybrid blockchain platforms for the internet of things,* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bahçeşehir University, Institute of Graduate Studies, İstanbul.

Androulaki, E., Barger, A., Bortnikov, V., Cachin, C., Christidis, K., De Caro, A., ... & Yellick, J. (2018, April). Hyperledger fabric: a distributed operating system for permissioned blockchains. In Proceedings of the thirteenth EuroSys conference (pp. 1-15).

Babur, Y. (2022). *İşletmelerde blockchain teknolojisinin kullanımının belirleyicileri Kütahya il örneği*, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya.

Boucher, P. (2017). *How blockchain technology could change our lives In-depth Analysis* [Erişim: 15.10.2023, https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2017/581948/EPRS_IDA(2017)581948_EN.pdf]

Brown, R. G. (2018). *The Corda Platform: An Introduction*. [Erişim: 10.12.2023 , chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.corda.net/content/corda-platform-whitepaper.pdf]

Btcturk. (2023). *Akıllı Kontrat (Smart Contract) Nedir? Nasıl Çalışır?* [Erişim: 14/03/2022, https://www.btcturk.com/bilgi-platformu/akilli-kontrat-nedir/]

Buterin, V. (2013). Ethereum White Paper: *A Next-Generation Smart Contract & Decentralized Application Platform.* [Erişim: 14/03/2022, https://ethereum.org/en/whitepaper/]

Charleer, S., Klerkx, J., Duval, E., De Laet, T., & Verbert, K. (2016). Creating effective learning analytics dashboards: Lessons learnt. In *Adaptive and Adaptable Learning: 11th European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2016, Lyon, France, September 13-16, 2016, Proceedings 11* (pp. 42-56). Springer International Publishing.

Chrıs J. Snook, Managıng Partner, Launch Haus (2017). *Blockchain and Artificial Intelligence Are Coming to Kill These 4 Small Business Verticals* [Erişim: 31/10/2017, https://www.inc.com/chris-j-snook/4-small-business-verticals-artificial-intelligenceblockchain-will-destroy-in-coming-decade.html]

Çelik B. (2021). *5g teknolojisi nasıl çalışır.* Mühendis Beyinler. [Erişim: 14/11/2021, https://www.muhendisbeyinler.net/5g-teknolojisi-nasil-calisir/]

Demir, A. B. (2023). *Uluslararası ticarette blockchain kullanımının SWOT analizi ile değerlendirilmesi,* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Burdur.

Dileç, D. (2022). *Blockchain teknolojisinin makro düzeyde finansal etkileri,* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilecik.

Ege Hukuk Bürosu (2020). Web Archive*, Smart Contracts – Akıllı Sözleşmeler, Uygulama Alanları, Avantaj ve Dezavantajları* [Erişim: 09/12/2020, https://web.archive.org/web/20210303023129/http://ege-law.com/smart-contractsakilli-sozlesmeler-uygulama-alanlari-avantaj-ve-dezavantajlari/]

Ericsson (2023). *5G by Ericsson, What is 5G?* [Erişim: 11.11.2023, https://www.ericsson.com/en/5g **]**

Euronews (2023). *Elon Musk'ın deprem sonrası Türkiye'ye teklif ettiği Starlink uydu interneti nedir ve nasıl çalışır?* [Erişim:06/02/2023, https://tr.euronews.com/2023/02/06/elon-muskin-deprem-sonrsai-turkiyeye-teklifettigi-starlink-uydu-interneti-nedir-ve-nasil- **]**

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

Ibrahim A. Y. (2022). *Music royalty payment scheme using blockchain technology,* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Karabük University, Institute of Graduate Studies, Karabük.

İlgün, M. V. (2023). *A conceptual autonomous progress payment system integrated with blockchain and IoT,* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik University, Institute of Science and Technology, İstanbul.

Karaçay, M. (2022). *The realization of a blockchain-based e-voting solution with a new consensus algorithm,* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Izmir Institute of Technology / Institute of Engineering and Science, İzmir.

Mendi, A. F. (2021). Blokzincir Mimarisi ve Getirdiği Fırsatlar, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi., 29, 181-186.*

Moreland K. (2022'a). *İş İspatı (Proof of Work; PoW) Nedir?* [Erişim: 19.05.2022, https://www.ledger.com/tr/academy/is-ispati-proof-of-work-pow-nedir]

Moreland K. (2022'b). *Hisse İspatı (Proof of Stake; PoS) Nedir?* [Erişim: 24/05/2022, https://www.ledger.com/tr/academy/hisse-ispati-proof-of-stake-posnedir?]

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Available at SSRN 3440802*.

New Bilişim Teknolojileri (2020). Web Archive, *Smart Contracts – Akıllı Sözleşmeler ve Blockchain* [Erişim: 25/11/2020, https://web.archive.org/web/20210521171747/https://www.new.com.tr/blog/smartcontracts-akilli-sozlesmeler-ve-blockchain/]

Nxt Community. (2014). *Nxt Whitepaper*. [Erişim: 25/11/2023, https://www.jelurida.com/sites/default/files/NxtWhitepaper.pdf]

Özgümüş, E. (2018). *The use of blockchain in digital identity management systems for kyc (know your customer) processes in banks and its evaluation from cybersecurity perspective,* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bahçeşehir University, İstanbul.

STM. (2022). *Blokzincir,* [Erişim: 10.12.2023, https://www.stm.com.tr/tr/inovasyon/blokzincir]

Tarhan U. (2017) Facebook. [Erişim: 10.12.2023, https://m.facebook.com/FuturistUfukTarhan/videos/çinde-ünlü-ve-devasaperakendeci-alibabanın-deposunda-sadece-60-robot-çalışıyor-/1575434625828804/?_se_imp=0GLkPhuG1EsdtuC2x]

Turna, D. Ö. (2022). *Blok zincir teknolojisini kullanarak yeni bir kripto para oluşturma esasları,* (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul University-Cerrahpaşa, İstanbul.

Usta, A. (2016). Fintech İstanbul *(ÇOK) Akıllı Sözleşmeler – Smart Contracts* [Erişim: 08/11/2016, https://fintechistanbul.org/2016/11/08/cok-akillisozlesmeler-smart-contracts/]

Wikipedia (2023). *Blockchain* [Erişim: 10/08/2023, https://en.wikipedia.org/wiki/Blockchain]

Wikipedia Özgür Ansiklopedi (2023a). *Blokzinciri*. [Erişim: 10/04/2023, https://tr.wikipedia.org/wiki/Blok_zinciri#cite_note-:6-9]

Wikipedia Özgür Ansiklopedi (2023b). *Akıllı Sözleşme* [Erişim: 21/02/2023, https://tr.wikipedia.org/wiki/Akıllı_sözleşme]

Xu, B., Luthra, D., Cole, Z., & Blakely, N. (2018). *EOS: An architectural, performance, and economic analysis.* [Erişim: 20/11/2018, https://whiteblock.io/library/eos-test-report.pdf]