T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BLOK ZİNCİR TABANLI KAN BAĞIŞ SİSTEMİ

Arzu SEVİNÇ

Yüksek Lisans Tezi

YAZILIM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK 2025

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

BLOK ZİNCİR TABANLI KAN BAĞIŞ SİSTEMİ

Tez Yazarı
Arzu SEVİNÇ

Danışman
Doç. Dr. Fatih ÖZYURT

OCAK 2025
ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı:	Blok Zincir Tabanlı Kan Bağış Sistemi
Yazarı:	Arzu SEVİNÇ
İlk Teslim Tarihi:	23.12.2024
Savunma Tarihi:	27.01.2025

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

	İmza	
Danışman:	Doç. Dr. Fatih ÖZYURT Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	Onayladım
Başkan:	Prof. Dr. Engin AVCI Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi	Onayladım
Üye:	Doç. Dr. Muhammed YILDIRIM Turgut Özal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun ...../...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

İmza

Prof. Dr. Burhan ERGEN
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım "Blok Zincir Tabanlı Kan Bağış Sistemi" Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

27.01.2025

Arzu SEVİNÇ

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, blok zincir teknolojisinin kan bağışı sürecinde kullanılması ve bu alandaki sorunları azaltacak yenilikçi bir yöntem sunması planlanmaktadır. Blok zincir teknolojisinin merkeziyetsizlik, şeffaflık ve güvenlik gibi temel özelliklerinin, kan bağışı sürecinde verimliliği artırması ve bağışçı ile alıcı arasındaki güvenin güçlendirilmesi amaçlanmaktadır. Ethereum ağı üzerinde geliştirilmiş olan akıllı sözleşmeler, bağışlanan kanın geçirdiği tüm işlemleri güvenli bir şekilde kayıt altına almak için kullanılacaktır. Böylece, kan bağışı sürecinin her adımı, güvenli, şeffaf ve izlenebilir bir hale gelecektir. Akıllı sözleşmelerin en büyük avantajı, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan, tüm işlemleri blok zincir ağı üzerinde doğrulamasıdır. Aynı zamanda akıllı sözleşmelerin şeffaflık, güvenlik ve değiştirilemezlik gibi özellikleri, kan bağış sürecini daha güvenli ve denetlenebilir hale getirecektir.

Bu tez çalışmasında geliştirilen akıllı sözleşmeler, Truffle ve Ganache gibi araçlarla test edilmiştir. Testler sırasında, bağış süreçlerinin doğru çalışması ve sözleşmelerin beklenen şekilde işlemleri gerçekleştirmesi sağlanmıştır.

Çalışma sırasında, akademik rehberliği ve kıymetli görüşleriyle beni yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Fatih Özyurt' a ve her daim yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Tezimin, sağlık sektöründe dijital dönüşüm ve yenilikçi teknolojiler üzerine yapılan çalışmalara katkı sağlayacağına ve kan bağışı süreçlerini daha etkili ve güvenilir hale getirme yolunda bir adım olacağına inanıyorum.

Arzu SEVİNÇ
ELAZIĞ, 2025

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET

Blok Zincir Tabanlı Kan Bağış Sistemi

Arzu SEVİNÇ

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak 2025, Sayfa: x + 48

Kan bağışı, insan için hayati bir rol oynamaktadır. Bu sürecin şeffaf ve güvenilir bir şekilde yürütülmesi, veri güvenliğinin sağlanması ve denetlenebilirliğin arttırılması için gereklidir. Bu tez çalışmasında şeffaf, merkeziyetsiz ve değiştirilemez bir yapıya sahip olan blok zincir teknolojisi kullanılarak bir kan bağış sisteminin tasarlanması amaçlanmıştır.

Önerilen sistem, kanın takip edilebilirliğini kolaylaştıracak ve kan nakil sürecinin daha güvenilir bir şekilde ilerlemesini sağlayacaktır. Sistem, Ethereum ağı üzerinde akıllı sözleşmeler kullanılarak tasarlanmıştır. Merkezi bir onaya ihtiyaç duymadan, akıllı sözleşmeler aracılığıyla otomatik olarak gerçekleştirilen işlemler sürecin hızlanmasına ve güvenilirliğin artmasına yardımcı olacaktır.

Bu sistemde bağışlanan kanın ilk aşamadan son aşamaya kadarki geçirdiği tüm işlemler yetkili kişiler tarafından eklenecek ve böylece kanın takip edilebilir olması sağlanacaktır. Blok zincir tabanlı kan bağış sistemi kanın durumu ve geçtiği süreci şeffaf bir şekilde takip edebilmeyi amaçlamanın yanında hasta ve bağışçı mahremiyetinin korunmasına da önem vermektedir.

Bu tez çalışması, kan bağış sürecinin daha güvenilir ve verimli bir şekilde yönetilmesi için blok zincir teknolojisini kullanarak yenilikçi bir sistem geliştirmeyi hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Blok zincir, Akıllı Sözleşmeler, Kan bağışı, Sağlık

ABSTRACT

Blockchain-Based Blood Donation System

Arzu SEVİNÇ

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Software Engineering

January 2025, Pages: x + 48

Blood donation plays a vital role in human life. Ensuring the transparency and reliability of this process, safeguarding data security, and enhancing auditability are essential requirements. This thesis aims to design a blood donation system using blockchain technology, which is transparent, decentralized, and immutable.

The proposed system aims to facilitate blood traceability and ensure a more reliable progression of the blood transfusion process. It is designed on the Ethereum network using smart contracts. By eliminating the need for central approval, transactions carried out automatically through smart contracts will help accelerate the process and enhance reliability.

In this system, all processes that donated blood undergoes from the initial to the final stage will be recorded by authorized individuals, thereby ensuring the traceability of the blood. The blockchain-based blood donation system not only aims to transparently monitor the condition and journey of the blood but also prioritizes the protection of patient and donor privacy.

This thesis seeks to develop an innovative system using blockchain technology to manage the blood donation process more reliably and efficiently.

Keywords: Blockchain, Smart contract, Blood donation, Healthcare

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

API	: Uygulama Programlama Arabirimi (Application Programming Interface)
BFT	: Bizans Hata Toleransı (Byzantine Fault Tolerance)
DApp	: Merkeziyetsiz Uygulamalar (Decentralized Applicayions)
DPoS	: Delege Edilmiş Hisse Kanıtı (Delegated Proof of Stake)
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
EVM	: Ethereum Sanal Makinesi (Ethereum Virtual Machine)
IoT	: Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
IPFS	: Gezegenler Arası Dosya Sistemi (Inter Planetary File System)
NFT	: Non-Fungible Token
SHA	: Güvenli Hash Algoritması (Secure Hash Algorithm)
PBFT	: Pratik Bizans Hata Toleransı (Practical Byzantine Fault Tolerance)
PoA	: Yetki Kanıtı (Proof of Authority)
PoC	: Kapasite Kanıtı (Proof of Capacity)
PoET	: Geçen Zamanın Kanıtı (Proof of Elapsed Time)
PoH	: Tarihin Kanıtı (Proof of History)
PoS	: Hisse Kanıtı (Proof of Stake)
PoW	: İş Kanıtı (Proof of Work)
POMS	: Ürün Sahipliği Yönetim Sistemi (Product Ownership Management System)
RFID	: Radyo Frekans Tanımlaması (Radio Frequency Identification)

1. GİRİŞ

Oksijen, besin maddeleri ve antikorları dokulara taşıyarak, karbondioksit ve atık maddelerini de vücuttan atan sıvıya kan denir. Kan, vücut sıcaklığını düzenleyen ve vücudu enfeksiyonlara karşı savunan yaşamsal sıvıdır. Kanın vücutta besinlerin taşınması, zararlı maddelerin atılması, vücut ısısının düzenlenmesi, bağışıklığı arttırması, pH dengesini koruması gibi önemli görevlerinin olması kan kaybı yaşanması durumunda hayati tehlikenin kısa sürede ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. İnsan sağlığı için hayati bir öneme sahip olan kanın eksikliği tıbbi müdahaleyi gerektirmektedir. Bu müdahaleler esnasında kanın bilinçsiz bir şekilde kullanılmasını ve gereksiz kan transfüzyonunu engellemek için çeşitli kan yönetim sistemleri geliştirilmiştir. Veri tabanlı kan yönetim sistemleri ile kan verilerinin yönetilmesi, kan bağış sistemleri ile ise gönüllü kan bağışlarının arttırılması ve kan stoklarının iyi bir şekilde denetlenmesi amaçlanmıştır. Ancak sağlık alanında, nüfusun artmasıyla beraber, kan tedariği ve yönetimi önemli bir sorun haline gelmiştir. Prof. Dr. Meral Sönmezoğlu' nun açıklamasına göre ülkemizde her yıl 3 milyon hasta kan bağışına ihtiyaç duymaktadır [1]. Bu ihtiyaca karşı kan tedariğinde, kan bankalarındaki kanın yeterli olmaması veya kısa sürede istenilen kana ulaşılamaması gibi bazı zorluklar meydana gelmektedir. Yeterli kan bağışı yapılsa bile kanın doğru koşullarda depolanmaması ve ihtiyaç duyulduğu anda kana ulaşılamaması sorunların devam etmesine sebep olmaktadır. Türk Kızılay' ının verilerine göre 2024 yılının ilk yarısında 1 milyon 373 bin 168 ünite kan bağışı yapılmıştır [2]. Bu sayının ülkemizin kan ihtiyacını büyük oranda karşılaması beklenirken bağışlanan kanın yönetimi ile ilgili sorunlar kan probleminin devam etmesine sebep olmaktadır. Depolarda veya soğutucularda saklanan kanın saklanma koşulları, ne kadar süre bekletildiği veya kan testlerinin sonuçları bu yönetimin önemli noktalarıdır. Ayrıca hasta için bağışçı hakkında yeterli bilgiye ulaşamamak da bir risk oluşturmaktadır. Hem bağışçı hakkında hem de kan hakkında yeterli bilgiye ulaşamamak kanın kalitesi ile ilgili sorunların artmasına sebep olmaktadır.

Kan bağışı, hasta ve bağışçının kişisel verilerinin işlendiği ve bu verilerin korunması ile ilgili sorumlulukları beraberinde getiren önemli bir süreçtir. Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) kapsamında hasta verilerinin korunması ve bu verilerin kötüye kullanım riskleri azaltılmalıdır. Kan yönetim sisteminde veri şifreleme yöntemleri, sağlık çalışanları arasında yetkilendirme, hasta bilgilerinin anonimleştirilmesi ile veri gizliliği sağlanmalıdır. Aynı zamanda hasta ve bağışçının sisteme güvenmesi için sürecin şeffaf ve denetlenebilir olması gerekmektedir. Kan bağış yönetiminde şeffaflık, bağış ve nakil sürecinde hasta ve bağışçının bilgi alabilmesi, bağışlanan kanın kullanılıp kullanılmadığı bilgisine ulaşılabilmesi ile gerçekleştirilebilir. Bu sürecin şeffaf bir şekilde yürütülmesi, hasta ve bağışçının sürece güvenmesini sağlarken süreç içerisinde oluşabilecek hataların daha hızlı fark edilerek düzeltilmesini sağlamaktadır. Veri gizliliği ve şeffaflık dengesinin birlikte sağlanması ile kişisel veriler gizli tutulurken kan bağış süreci şeffaf

bir şekilde takip edebilecektir. Kan problemi yalnızca ülkemizde değil tüm dünyada yıllardır süren bir problemdir. Her ülkenin kan ihtiyacını karşılamak zorunda olması bu problemin devam etmesinin en büyük sebeplerindendir. Dünya sağlık örgütü (DSÖ), yıllık toplanan kan miktarının 118,5 milyon torba olduğunu tahmin etmektedir [3]. DSÖ verilerine göre bağışlanan kanların hastalık taşıma açısından taranması ve testlerinin yapılmasında da eksiklikler vardır. Raporlama yapan ülkeler arasında %10' u gerekli taramaları gerçekleştirmemektedir. Ayrıca toplanan kanın gerekli sıcaklık koşullarında depolanamaması da kanın bozulmasına ve kullanılmadan atılmasına sebep olmaktadır. Hannon' un yapmış olduğu çalışmada kan israf oranının %1 ile %5 arasında olduğu bildirilmiştir [4]. Genellikle kan, zaman aşımına uğradığı için yani uzun süre bekletilen kanın kullanılamaması sonucunda israf edilmektedir. Ayrıca sağlık birimleri tarafından istenen kanın daha sonra kullanılmaması da kan israfına sebep olabilmektedir. Kan bağışı ve nakil sürecinin şeffaf ve güvenilir bir sistem ile düzenli bir şekilde denetlenmesi sonucunda kan israfının azaltılması beklenmektedir.

Nüfusun artmasıyla birlikte kan ihtiyacı artarken toplumda bağış yapma oranının da arttığı görülmektedir. DSÖ ve Kızılay verilerine göre genç yaştaki kan bağışçılarının sayısı diğer yaş gruplarından daha fazladır. Bu durum bize teknoloji ve sosyal medyanın bilinçli kullanımı ve gençleri etkileme gücü sayesinde kan bağışının daha da arttırılabileceği fikrine götürmektedir. Bağış oranın artması sonucunda kanın iyi yönetilmesi ve takip edilmesi gerekmektedir. Kullanılan mevcut sistemler bu konuda oldukça yetersiz bir durumdadır. Hasta, bağışçının geçmiş sağlık sorunları hakkında ya da mevcut hastalıkları hakkında yeterli bilgiye ulaşamamaktadır. Bunun yanı sıra kanın depolandığı yerlerde gerekli şartlarda her zaman oluşmamaktadır. Bu tarz durumlar, kanın kalitesini düşürmekte ve bağışlanan kana güveni azaltmaktadır. Kan yoluyla birçok hastalık bulaşmaktadır. Kan yoluyla hastalık bulaşmasını engellemek için de kan bağışı için güvenilir ve denetlenebilir bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır.

Kan bağışında güvenilir ve şeffaf bir sistem, blok zincir teknolojisi ile mümkündür. Kan bağış sisteminde bu teknolojinin kullanılması ile kan yönetimi daha şeffaf ve güvenilir bir şekilde denetlenebilecektir. Blok zinciri, birden fazla katılımcı tarafından yönetilen ve merkezi olmayan bir veri tabanı sistemidir. İşlemlerin arka arkaya listelendiği dijital bir kayıt defteri olarak çalışmaktadır yani geleneksel bir veri tabanı gibi değildir. Bloklardan oluşmaktadır ve her blok kendinden önceki bloğun şifrelenmiş kodunu da içermektedir.

Blok zinciri teknolojisi Satoshi Nakamoto' nun [5] bitcoin kavramını ortaya çıkarması ile hayatımıza giren ve kullanım alanı hızla artan bir teknolojidir. Blok zinciri, ilk olarak kripto para alanında kullanılmaya başlandı. Kripto para alanında Bitcoin, başarısı ile adından en çok söz ettiren blok zincir platformudur. Daha sonra Bitcoin benzeri birçok kripto para platformu çıkmasına rağmen hala en yaygın olanı Bitcoin' dir. Bu alanda başarılı olunca blok zincirinin farklı alanlarda da kullanılabileceği araştırılmaya başlandı. Blok zincirinin ikinci aşaması blok zinciri tabanlı akıllı

sözleşmelerin oluşturulmaya başlanmasıdır. Ethereum [6],blok zincir tabanlı akıllı sözleşmeler için en çok kullanılan platformdur. Akıllı sözleşme, alıcı ile satıcı arasındaki sözleşmenin şartlarının kod satırlarına yazıldığı ve otomatik olarak yürütülen dijital ortamlardır. Blok zincirinin gelişmesindeki bir sonraki aşama ise merkeziyetsiz uygulamaların geliştirilmeye başlanması olmuştur. DApp (Decentralized Application), merkezi olmayan uygulamalara denir. Merkezi olmayan uygulamaların zaman ve şeffaflık açısından birçok avantajı vardır. Bu avantajlar sağlık sistemleri, havacılık sistemleri, tedarik zinciri, gibi birçok alanda blok zincir araştırmalarının yapılmasını sağlamıştır.

Akıllı sözleşmeleri kullanarak oluşturulan blok zincir tabanlı elektronik oylama sisteminde, seçmenlerin gizliliği garanti edilirken aynı zamanda seçim maliyeti de düşürülmüştür [7] . Blok zincir teknolojisinin güvenilirliği göz önüne alındığında verinin olduğu her alanda kullanılmasının avantajlı olacağı düşünülmektedir. Eczanelerde blok zinciri ile ilaç takibi, hasta haklarının korunmasına ve ilaç sektörünün iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır [8]. Sağlık sektöründe önemli bir yer edinecek olan blok zincir teknolojisi organ bağışı uygulamalarında da güven ve şeffaflık sağlayacaktır [9]. Sağlık sektörü dışında tedarik zinciri [10], IoT ağ yönetimi [11], gıda güvenliği [12], ödül programları [13] ve para transferi [14] gibi birçok alanda da blok zinciri ile ilgili araştırmalar yapılmaktadır.

Birçok alanda kullanılmasına yönelik araştırmalar yapılan blok zincir teknolojisinin, kan tedarik zincirinde kan bağışının şeffaf bir şekilde yürütülebilmesi ve kanın her aşamasının güvenle takip edilmesi için kullanılması büyük bir avantaj olacaktır. Oluşturulacak sistem ile kanın bağışlanmasından hastaya nakline kadarki tüm süreç şeffaf ve güvenilir bir ortamda denetlenebilecektir. Blok zincir tabanlı kan bağış sisteminde bağışçının kimliğinin gizli olması ile birlikte geçmiş sağlık sorunları ve mevcut sağlık sorunları görülebilecektir. İnsan sağlığı için olduğu kadar çevresel sürdürülebilirlik için de çok büyük bir öneme sahip olan kan bağışında blok zincir teknolojisi kullanılarak daha çevre dostu ve verimli bir kan bağış sistemi oluşturulmak istenmektedir. Bu tez çalışması, hastanın şeffaf ve güvenilir bir ortamda zaman kaybını en aza indirerek kana ulaşmasını ve karbon ayak izi, kaynak yönetimi ve atıkların azaltılması konularında daha etkili ve sürdürülebilir bir sistem oluşturmayı amaçlamaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüzde veriler herkes için en önemli kaynak haline gelmektedir. Bu verilerin gizliliği ve güvenliği ise her sektör için bir problemdir. Sağlık sektöründe de en önemli zorluklardan biri her gün artmakta olan kişisel sağlık verisinin yönetilmesi ve güvenliğinin sağlanmasıdır. Hasta verileri ile işlem yapmak zaman alıcıdır. Büyük verilerin hastalık teşhisini hızlandırmak gibi avantajları olmasına karşın kullanılan modeller veri toplama, işlem, depolama ve görselleştirme açısından yetersiz olabilmektedir [15]. Blok zincir teknolojisinin kullanılması, verilerin doğru ve güvenli bir şekilde yönetilmesini sağlayarak sağlık sektöründe büyük bir iyileştirme gerçekleştirecektir. Bu bölümde, sağlık sektöründe blok zincir teknolojisinin kullanımı ile ilgili geniş bir literatür araştırması yapılmıştır.

Sağlık sektöründeki birimlerin birlikte çalışabilmesiyle sektör daha da gelişecek ve birçok hastanın hayatına olumlu bir etkide bulunacaktır. Birlikte çalışılabilmesi ise farklı hastane sistemleri ile veri alışverişine girerek mümkündür. Ancak hasta verileri mahremiyet isteyen ve güvenli bir ortama ihtiyaç duyan bir alandır. Bu güvenli ortam oluşturulmadıkça hasta verilerinin paylaşılması da mümkün görülmemektedir. Bu ihtiyaçtan kaynaklı birçok araştırmacı güvenli olmasıyla adından söz ettiren blok zincir teknolojisine yönelmektedir. Gordon W ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada sağlık sektöründe birlikte çalışmanın blok zincir teknolojisiyle gerçekleştirilebileceği araştırılmıştır. Blok zincirinin uygulamada bazı zorlukları olmasına karşın avantaj sağladığı da görülmektedir [16].

Blok zinciri teknolojisi kullanılarak sağlık alanında farklı çalışmalar yapılmaktadır. F. Jamil ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Hyperledger Fabric platformunu kullanarak ilaç takibinin yapılabileceği ve sahte ilaçların keşfedilebileceği blok zincir modelinin kullanıldığı ilaç tedarik zincirini tanıtmıştır. Tanıtılan bu sistemde ilaç ve hasta hakkındaki bilgiler güvenli bir şekilde depolanarak gerekli yerlerle şeffaf bir şekilde paylaşılmaktadır [17].

Toyoda ve arkadaşlarının tedarik zincirinde oluşacak sahteciliği engellemek için yaptığı çalışmada RFID bağlantılı ürünler için sahiplik belirten POMS (Ürün Sahipliği Yönetim Sistemi) protokollerini önermiştir. POMS protokolleri sayesinde zincirdeki sahte ürünler tespit edilebilecek ve zincirde oluşabilecek sahtekarlıkların önüne geçilebilecektir [18].

Seungeun Kim ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada soğuk kan için blok zincir teknolojisine dayalı bir sistem önerilmektedir. Bu sistemde kan ile ilgili tüm bilgiler dağıtılmış deftere kaydedilerek bilginin görünürlüğü arttırılmak istenmiştir. Ayrıca oluşturulan sistem ile acil durumlarda sağlık kurumları arasında kan alışverişi de sağlanabilecektir. Önerilen bu sistemde bir blok zincir platformu olan Hyperledger Fabric platformu kullanılmıştır. Hyperledger Fabric platformu, verilerin güncellenmesi aşamasında Pratik Bizans Hata Toleransı (PBFT) olarak bilinen algoritmayı kullanarak fikir birliğini sağlamaktadır [19].

2021 yılında IPFS protokolü kullanılarak oluşturulan kan bağış sisteminde, blok zincir ağında bulunan her katılımcı için bir özel ve bir genel anahtar tanımlanmıştır. Özel anahtar ile işlemin yürütülmesi için gerekli dijital imza atılırken genel anahtar ile işlem doğrulanmaktadır. Anahtar işlemlerinden sonra bir fikir birliği algoritması kullanılarak diğer düğüm ve doğrulayıcıların işlemleri doğrulaması ile ağın güvenliği sağlanmaktadır. Blokzincir tabanlı çalışmalar da karşımıza çıkan en önemli sorunlardan biri kullanıcı verilerinin gizliliğidir. Hawashin ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada Ethereum ağı temel alınarak gerekli yetkilendirmeler yapılmıştır. Belirli düğümler belirli yetkilere sahip olacak ve istenilen verilere yalnızca onlar erişebilecektir [20].

2024 yılında yayınlanan bir makalede kan tedarik zincirinde yer alan verimsizlikleri gidermek için blok zincir tabanlı bir sistem önerilmiştir. Bu sistemde ödül tabanlı teşvikler, hastane işlemleri ve geçmişe dönük olarak işlemlerin izlenebilirliği yer almaktadır. Bu sistem, ön ve arka uçtan oluşan bir web uygulaması olarak tasarlanmıştır. Arka uçta Ethereum, ön uçta ise React kullanılması planlanmıştır. Suudi Arabistan' da yapılan bu çalışma ile kan tedarik zinciri boyunca kan yönetiminin iyileştirilmesi ve sağlık sektöründeki taleplerin karşılanabilmesi amaçlanmıştır [21].

Manav Malhotra ve arkadaşları blok zincir teknolojisinin ölçeklenebilirlik, gizlilik, birlikte çalışabilirlik ve şeffaflık gibi avantajlarının kan bağış prosedürüne ekleyerek daha sağlıklı bir topluma ulaşılabileceği konusunda bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada daha önce yapılan araştırmalar da incelenerek blok zincir tabanlı bir yöntem önerilmiştir. Oluşturulan diyagramlar ile sürecin nasıl gerçekleştirilebileceğine yönelik bilgiler olmasına karşın bunun nasıl gerçekleştirileceği, hangi teknolojilerin kullanılacağı ve yöntemin detaylarına çalışmada yer verilmemiştir [22].

Akshay Agrawal ve arkadaşlarının yayınladığı "Blood Management System Using Blockchain" isimli makalede QR kod kimlik doğrulaması kullanılarak kanın hastaya ulaşması sağlanmıştır. Blok zincir teknolojisinin kullanıldığı bu sistemde, bağışçı kayıtları, kan bilgileri, kullanıcının kimlik bilgileri kaydedilmekte ve geleneksel sistemlerin aksine tam bir şeffaflık sağlanmaktadır [23].

Yapılan bir başka çalışmada ise kan bağış yönetimi için oluşturulacak sisteme Blok zincir teknolojisi ve Nesneterin İnterneti (IoT) entegre edilmiştir. Önerilen sistem ile şeffaflığın arttırılması ve sürecin daha güvenilir bir şekilde yürütülmesi istenmiştir. IoT sensörleri kullanılarak depolama koşulları takip edilebilecek ve blok zincir teknolojisi sayesinde kimlik doğrulaması, izlenebilirlik ve akıllı sözleşmelerin kullanımı ile otomatikleşmiş görevlerin işleri kolaylaştırması hedeflenmiştir [24].

Blok zincir teknolojisinin sürdürülebilirliğe katkılarını tespit eden önemli çalışmalar da literatürde bulunmaktadır. 2024 yılında yayınlanan bir makalede blok zincirinin sürdürülebilirliğe etkisi üç temel alana odaklandırılmıştır. Bunlar enerji sistemleri, tedarik zincirleri ve akıllı şehirlerdir. Bu makalede, farklı ülkelerde blok zincir teknolojisi ile yapılan çalışmaların sürdürülebilirliğe etkisi geniş bir literatür araştırması olarak sunulmuştur [25].

Dal Mas ve arkadaşları 2023 yılında gıda sektöründeki sürdürülebilirlik konusunda yaptıkları çalışmada blok zincir teknolojisini araştırmışlardır. Bu çalışma blok zincirinin gıda tedarik zincirlerini dijitalleştirilmesinde önemli bir avantaj sağlayacağından bahsetmektedir. Blok zincir teknolojisinin şeffaflık, güvenlik ve izlenebilirlik özelliklerinin sürdürülebilir iş modelleri için teşvik edici olduğu da bu çalışmada elde edilen sonuçlardandır [26].

Sağlık alanında blok zincir teknolojisinin kullanımı giderek artmaktadır ve dünya çapındaki özel şirketler, sağlık kayıtlarını depolamak için blok zincir teknolojisini kullanmaktadır. Blok zincir teknolojisi, kan bağış sürecinde meydana gelebilecek sahteciliklerin önüne geçebilmek adına kullanıcıya şeffaflık sağlamaktadır. Blok zincir tabanlı kan bağış sisteminde kanın sıcaklığı, bağışçının geçmiş sağlık kayıtları ve hastanın durumu ile ilgili verileri güvenli bir şekilde yönetilebilir. Kanın alınmasından, hastaya ulaşmasına kadarki süreç takip edilebilir. Ülkemizde bu alanda yazılmış bir makaleye rastlamamaktadır ve yapılan patent araştırmasında bu alanda büyük bir eksiklik olduğu görülmektedir. Bu tez çalışması ile kan bağış sisteminde blok zincir teknolojisinin avantajlarını ortaya koyarak sağlık alanında büyük bir iyileşmenin önünü açmak hedeflerimizden biridir. Aynı konuda yapılan diğer çalışmalar incelenerek o çalışmalardaki eksiklikler giderilmeye çalışılmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalardan çoğu mahremiyet konusunda eksiklikler yaşarken bu çalışmada yetkiler iyi bir şekilde verilerek hasta mahremiyetini korumak en öncelikli işlemlerden biri haline getirilmiştir. Ayrıca daha önce yapılmış çalışmalarda blok zincir teknolojisinin çevresel sürdürülebilirliğe etkisinden bahsedilmemiştir. Bu çalışma ile blok zincir tabanlı kan bağış sisteminin karbon ayak izi ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkisinden bahsedilmektedir

3. BLOK ZİNCİR TEKNOLOJİSİ

İçerisinde bulunduğumuz çağda bilgi ve bilgiyi oluşturan verilerin önem kazanması, herkesi bilgiye ulaşımın hızlı ve güvenli olması gerektiği gerçeği ile karşı karşıya bırakmıştır. Bilgiyi güvenli ortamlarda saklamak ve paylaşmak için araştırmacıların çalışmalarını güvenli teknolojiler üzerine yoğunlaştırmasını sağlamıştır. Blok zincir ise güvenli ve şeffaf olması sebebi ile bu çalışmaların içerisinde adından sıkça söz ettiren teknoloji haline gelmiştir.

2009 yılında Satoshi Nakamoto "Bitcoin: eşten eşe elektronik nakit ödeme sistemi" adlı çalışmasında blok zinciri yapısını ele almıştır [5]. Bu çalışmada blok zinciri kavramından bahsetmiyor olmasına karşın kullanılan yapı blok zinciri yapısıdır. Nakamoto' nun bitcoin üzerine yaptığı çalışma, kripto para alanında büyük başarılara ulaşılmasını sağlamıştır. Bitcoin, herhangi bir merkeze bağlı olmadan çalışan ve dışarıdan yapılabilecek işlemlere karşı önlemlerin alındığı, güvenle kullanılacak cüzdanların da oluşturulduğu dijital para birimidir. Bitcoin sistemi, güçlü şifreleme tekniklerini kullanarak verileri kayıt altına almaktadır ve kaydedilen verileri tüm kullanıcılara kopya olarak dağıtmaktadır.

Nakamoto' nun çalışmasından önce de blok zinciri yapısı araştırılmış ve bu alanda bazı makaleler ele alınmıştır. Ancak bu çalışmalardan sonra blok zinciri teknolojisinin gelişimi duraksamıştır. Fakat Nakamoto 2009 yılında başarılı sonuç aldığı bir çalışma yayınlamıştır ve bu çalışma blok zinciri teknolojisinin kullanımı için bir dönüm noktası olarak kabul edilmiştir.

Blok zinciri teknolojisi, dağıtılmış defter teknolojisini kullanan gelişmiş bir veri tabanı olarak tanımlanmaktadır. Verilerden oluşan blokların birbirine zincirlenmesiyle bu veri tabanı meydana gelmektedir. Her blok bir önceki bloğun hash değerine sahip olacak şekilde birbirine zincirlenir. Blok zinciri teknolojisinde merkez ortadan kaldırılarak işlemler dağıtık bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Dağıtılmış defter teknolojisi kullanılarak kullanıcıların ortak hak ve yönetimine sahip bir sistem oluşturulmuştur.

Blok zincirinde gerçekleştirilen işlemler değiştirilemez ve silinemez bunun yerine sistemdeki kullanıcılara dağıtılır. Herhangi bir işlemde hata yapıldığında yeni bir işlem ile hata düzeltilir ve gerçekleştirilen her işlem, hatalı işlem de olsa, sistemde görünür. Kullanıcılar da sistemdeki işlemlere tam erişim sağlar. Blok zincirinin bu yapıya sahip olması kullanıcıların sisteme güven duymasını sağlamaktadır.

Birçok alan için blok zincir teknolojisi araştırılmaktadır. Blok zinciri teknolojisinde ademi merkeziyetçilik, şeffaflık, değişmezlik ve veri bütünlüğü önemli noktalardır. Genellikle blok zinciri kripto para alanında kullanılıyor olsa da ticari alanda kullanabilmek için son dönemde birçok araştırma yapılmaktadır.

3.1. Blok Zincir Teknolojisinin Temelleri

Blok zinciri teknolojisi, en basit haliyle merkezi olmayan veri tabanı olarak tanımlanmaktadır. İlk olarak 1991 yılında Stuart Haber ve Scott Stornetta tarafından yapılan bir çalışma ile blok zinciri karşımıza çıkmaktadır [27]. Bu çalışmada verilerin güvenli bir şekilde saklanabilmesi için kriptografik bir yöntem önerilmiştir. 90' lı yıllarda ve 2000' lerin başında blok zinciri için araştırmaların duraksadığı ve başarılı sonuçların elde edildiği çalışmalara rastlanmadığı söylenebilir. Ancak 2009 yılında Nakamoto' nun çalışması ile blok zinciri teknolojisine ilgi artmış ve araştırmacıların dikkatini çekmiştir.

Blok zinciri ilk olarak kripto para alanında kendini göstermiştir. Günümüzde bile blok zincirinin en çok kullanıldığı alan kripto para alanıdır. Bu döneme Blok zincir 1.0 dönemi denilmektedir.

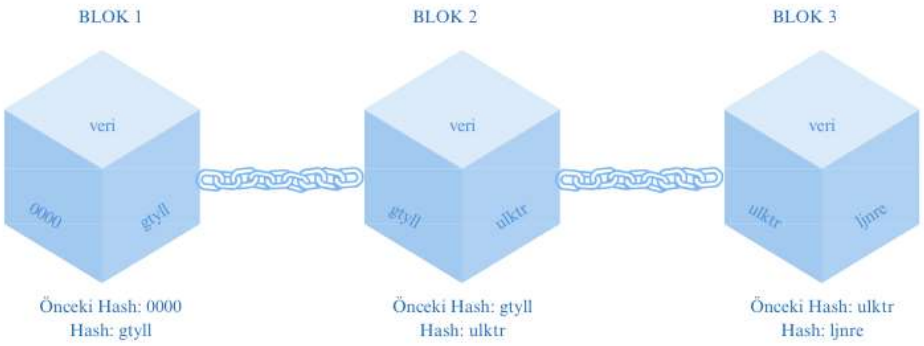
Blok zincir 2.0 dönemi akıllı sözleşmelerin ortaya çıktığı dönemdir. Akıllı sözleşmeler, merkezi bir denetim olmadan güvenli bir ortamda sözleşmelerin yapılmasına olanak sağlayan teknolojidir. Blok zinciri teknolojisi ile oluşturulan akıllı sözleşmeler, klasik sözleşmelerin yerini tutabilecek güvenli ve şeffaf bir ortamdır.

Merkezi olmayan uygulamaların blok zinciri teknolojisi ile oluşturulabileceği dönem ise Blok zincir 3.0 dönemidir. DApp olarak da bilinen bu uygulamalar birçok sektörde güvenilirliği artıracak ve işlemleri hızlandıracak bir ortam sunmaktadır. Blok zinciri teknolojisini kullanarak merkezi ortadan kaldırmayı hedeflemektedir.

Blok zincir 4.0 ise güvenliği sağlamak için teknolojinin bilgi sistemlerinin otomasyon, planlanma ve entegrasyon aşamalarının olduğu dönemdir. Yani bu dönem blok zincir teknolojisinin sektörel anlamda taleplerin karşılanabilmesi ve uygulanabilir olması için gerekli çözümler sunmaktadır. Bu teknoloji ile endüstriyel bir gelişimin yaşanması beklenmektedir. En yararlı olduğu alanla ise finansal alanlar, tedarik zincir yönetimi, IoT ile veri toplama uygulamaları, sağlık yönetimi ve varlık yönetimi alanlarıdır. Bu dönem sayesinde blok zincir teknolojisi gerçek hayatta uygulanabilir bir hale gelmektedir. Blok zincir teknolojisinin zamana göre değişimi Şekil 3.1.' de gösterilmektedir.

Şekil 3.1. Blok zincir teknolojisinin evrimi

Blok zinciri, bilgileri içerisinde barındıran bloklardan meydana gelmektedir. Bir blok, veri, o bloğa ait hash (özet) değeri ve önceki bloğun hash değerinden oluşmaktadır. İlk bloğa genesis blok denir ve önceki blok olmadığı için previous hash değeri genellikle 0 olarak belirlenmektedir. Şekil 3.2. blok zincirindeki blokların birbirine hash fonksiyonları aracılığıyla zincirlenmesini göstermektedir.



Şekil 3.2. Blok zincirinde hash fonksiyonunun kullanımı

Blok zinciri dağıtık ağ yapısına sahip bir teknolojidir. Yani sisteme eklenen veriler bir merkez tarafından değil sisteme dâhil olan herkes tarafından kayıt altına alınacak ve süreci herkes takip edebilecektir. Veri kayıt zincirinde herhangi bir değişiklik yapılmak istendiğinde de sistemde bulunan herkese haber verilecektir. Dağıtık ağ yapısında bir veya daha fazla merkezin onayına ihtiyaç duymadan işlemler gerçekleştirilmektedir. Dağıtık ağ yapısı ile işlem süresi azaltılmakla birlikte kullanıcıya şeffaf bir ortam da sunulur. Merkezi, merkezi olmayan ve dağıtık ağ yapıları Şekil 3.3.' de gösterilmektedir.

Şekil 3.3. Merkezi, merkezi olmayan ve dağıtık ağ yapısı

Blok zinciri teknolojisinin dağıtık yapısı sayesinde tüm kullanıcılar veri tabanına erişebilir. İletişimin tek bir merkezden kontrol edilmemesi ile eşler arasında iletişim aracısız ve daha hızlı bir şekilde gerçekleşir. Blok zinciri teknolojisinin en önemli avantajlarında biri de her bloğun bir önceki bloğa ait hash değerini tutuyor olmasıdır. Bu sayede bloklar arasında bütünlük sağlanarak veriler daha güvenli bir şekilde korunabilmektedir.

3.2. Blok Zincir Teknolojisinin Türleri

Blok zincir teknolojisi genel olarak ikiye ayrılmaktadır. Bunlar, izinli blok zinciri ve izinsiz blok zinciridir. İzinli blok zincirinde ağ yöneticisi, blok zincir ağına kimlerin katılabileceği veya hangi verileri görüntüleyebileceği konusunda kontrole sahiptir. İzinsiz blok zincirinde ise işlemler herkese açık bir şekilde yürütülmektedir. Ancak günümüzde blok zincir teknolojisini sadece izinli ve izinsiz şeklinde ayırmak pek mümkün değildir. Bu yüzden blok zincir türlerini 4 başlık altında ele almak daha faydalı olacaktır.

a. Genel (Public) Blok Zincirleri: Genel blok zincirleri, izinsiz blok zinciri olup herkesin erişebildiği, işlemleri doğrulayabildiği merkezi olmayan bir ağdır. Burada yapılan işlemlere ait bilgiler şeffaf bir şekilde izlenebilir yani kamuya açıktır. İçerisinde işlemleri kontrol edecek tek bir merkez yerine kontrol kullanıcılar arasında dağıtılmaktadır. Son derece merkeziyetsiz bir yapıya sahip olan bu blok zincir türü sayesinde hiçbir kişi veya kuruluş kişisel çıkarları için herhangi bir işlem gerçekleştiremez. Bitcoin, Ethereum Solana bu blok zincir türünü kullanan platformlardır. Blok zincirinde işlem verileri değiştirilemez yani geçmişe dair yapılan tüm işlemler kaydedilir ve müdahale edilemez. Bu durum işlemlerin kötü niyetli kişiler tarafından değiştirilmesinin önüne geçmektedir. Bunu yapmaya çalışan kişilerin herkes tarafından görülecek olması sisteme olan güveni de arttırmaktadır. Ayrıca genel blok zincirlerinde

katılımcı sayısı arttıkça, blok zincirinin daha fazla kişiye dağıtılmasından dolayı, güvenlik de artmaktadır. Fikir birliği algoritmaları sayesinde blok zincirinin bütünlüğü korunmaktadır. Dağıtılmış ağ yapısı, verilerin şeffaflığını ve değiştirilemezliğini sağlarken sistemin dayanıklılığını da arttırmaktadır. Aracıları ortadan kaldırarak işlemlerin hız ve verimini arttıran bu teknoloji veri güvenliğini sağlamak için gelişmiş şifreleme teknikleri kullanmaktadır. Bu blok zincir türü, tedarik zincir yönetimi, sağlık yönetimi, finansal hizmetler gibi birçok alanda kullanılabilir şeffaf ve güvenli bir yapıya sahiptir.

b. Özel (Private) Blok Zincirleri: Özel blok zinciri, belirli kişilerin işlemleri doğrulama yetkisine sahip olduğu izinli bir blok zinciri türüdür. Bu blok zincir ağlarında katılım sınırlanmaktadır. İzinli olması ve kullanıcıların anonim olmaması ağ içerisindeki güven ortamını arttırmaktadır. Bu blok zincir türü merkezi olmayan bir yapıya sahip olmasına rağmen ağa erişmek için yetkilendirilmesi gerekmektedir. Fikir birliği algoritmalarını kullanarak işlemler gerçekleştirilir. Artırılmış güvenliğe sahip özel blok zinciri, hassas verilere sahip kuruluşlar tarafından daha çok tercih edilmektedir. Kullanıcı sayısının sınırlandırılması sayesinde işlemler daha hızlı gerçekleştirilmektedir. Özel blok zincirleri daha fazla kontrole sahip, gizlilik ve güvenlik açısından daha avantajlı fakat merkezileştirilmiş bir yapıya sahiptir. Bu durum ise işlemler üzerinde manipülasyon yapılma ihtimalini arttırmaktadır. Blok zincirinin en önemli özelliklerinden biri olan merkeziyetsizlik bu blok zincir türünde göz ardı edilmiştir. Fakat hassas verilere sahip kuruluşlar yüksek gizlilik ve güvenlik özelliklerinden dolayı bu blok zincir türünü tercih edebilmektedir. Özel blok zincirinin kullanıldığı platformlara örnek olarak Hyperledger Fabric ve MultiChain verilebilir.

c. Hibrit (Hybrid) Blok Zincirleri: Bu blok zincir türü, genel ve özel blok zincirinin birleştirilmiş halidir. Burada ağa katılım genel blok zincirinin, işlemleri doğrulamak ve kontrol etmek ise özel blok zincirinin bir özelliğidir. Her iki türün özellikleri analiz edilerek ikisinin birleşiminden çok daha iyi bir blok zincir ağı oluşturulabileceği fikri üzerine bu kombinasyon gerçekleştirilmiştir. Hibrit blok zinciri, genel blok zincirinin şeffaflık ve açıklık, özel blok zincirinin yüksek gizliliğinden yararlanarak meydana gelen yenilikçi ve merkeziyetsiz bir blok zinciridir. Bu blok zincirinde kullanıcının blok zincir ağına girebilmesi için izin verilmesi gerekmektedir. Ancak ağa katıldıktan sonra işlemlere erişim noktasında hiçbir izne gerek duymadan tam bir katılım sağlayabilir. Ağ içerisinde tüm kullanıcılar aynı oranda işlem yapma ve işlemleri görüntüleme hakkına sahiptir. Hem izinli bir yapıya sahip olması hem de ağ içerisinde tüm kullanıcıların eşit haklara sahip olması blok zincirinin şeffaf ve merkeziyetsiz olmasını sağlamaktadır. Sağlık yönetimi, tedarik zinciri yönetimi, finansal ve devlet hizmetleri gibi birçok alanda kullanımı ile verimliliğin artmasını sağlayarak sektörel ve teknolojik açıdan kayda değer bir ilerlemenin önünü açacaktır. IBM' in kurduğu blok zincir platformunda hibrit blok zincir türü kullanılmıştır.

d. Konsorsiyum (Consortium) Blok Zincirleri: Konsorsiyum blok zinciri, bir kuruluş veya varlık tarafından yönetilen izinli bir blok zinciri olarak bilinmektedir. Burada tek bir merkez yerine önceden seçilmiş bir grup tarafından işlemler doğrulanır ve yönetilir. Yarı merkeziyetsiz bir yapıya sahip olan bu blok zinciri, işlemlerin güvenliği ve verimliliğini garanti eden daha kontrollü bir yapıya sahiptir. Burada tüm işlemler benzersiz ve önceden onaylanmış bir grup tarafından onaylanmaktadır. Merkezi bir yapıda kabul edilmese de bir grup tarafından yönetilmesi tam bir merkeziyetsizliğe sahip olmasına da engel olmaktadır. Ayrıca hangi verilerin gizli kalacağı ya da herkese açık bir şekilde gösterileceği kontrol edilebildiği için blok zincirinin tam şeffaflık ilkesini karşılamamaktadır. Tam bir şeffaflık ve merkeziyetsizliğe sahip olmasa da katılımcıların sisteme güvenini en üst düzeyde tutan bir yaklaşıma sahiptir. Genel blok zincirlerine gör ise yüksek hız ve verimliliğe sahip olan bu blok zinciri bankacılık, sigorta şirketleri, ilaç sektöründeki şirketler için kullanıma uygun avantajlı sistem sunmaktadır.

3.3. Blok Zincir Teknolojisinde Kriptografi

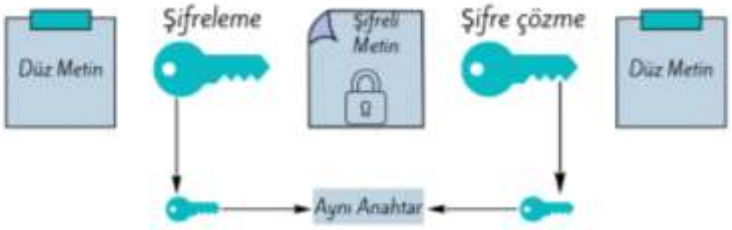
Blok zincir teknolojisi sağladığı şeffaflık ile birlikte verilerin güvenliğini de koruması sayesinde dikkat çekmiştir. Güvenli ve merkezi olmayan bir yapıya sahip bir teknolojinin en temel unsurlarından biri şifreleme teknikleridir. Bu noktada blok zincir ağlarında kullanılan kriptografiyi anlamak önemli bir hale gelmiştir.

Kriptografi, verileri korumayı amaçlayan teknik bir süreçtir. Blok zincirinde iki düğüm arasında gerçekleşen işlemlerin korunması bu sayede gerçekleşmektedir. Kelime anlamı "gizli yazmak" olan kriptografi verilerin yetkisi olmayanlar tarafından anlamsız bir şekilde görülmesini sağlayan matematiksel algoritmalardır.

Blok zinciri teknolojisinin en güçlü olduğu özelliklerden biri kullandığı kriptografi teknikleridir. Verinin belirli kurallar çerçevesinde rastgele görünen ve geri döndürülebilir olan verilere dönüştürülmesi ile dışarıdan sisteme sızıldığı takdirde anlaşılması güç bir veri ile gizliliği istenilen bilgiyi korumak amaçlanmıştır. Bu sayede ancak belli bir anahtara sahip kişiler tarafından tekrar anlamlı hale getirilebilir. Blok zincirinde verilerin geniş ağlarda çoğaltılması verilerin güvenliği ve bütünlüğü için şifreleme kullanılmasının önemini de göstermektedir.

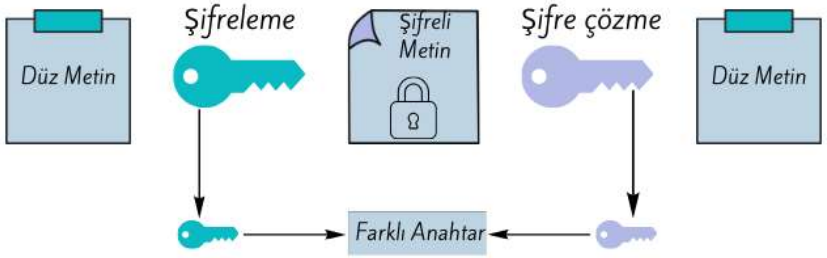
Kriptografinin 2 temel teknolojisi vardır.

a. Simetrik Şifreleme: Burada hem şifreleme hem de şifre çözme aşamaları için tek bir anahtar kullanılmaktadır. Burada daha az işlem gücü ve daha hızlı bir transfer gerçekleşmesine rağmen gönderici ve alıcının ortak şifre kullanıyor olması güvenliği zedelemektedir. Simetrik şifrelemede anahtar kullanımı Şekil 3.4.' de gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Simetrik Şifreleme

b. Asimetrik Şifreleme: Asimetrik şifreleme, şifreleme ve şifre çözme aşamaları için iki farklı anahtarın kullanılması tekniğidir. Burada bir genel bir de özel anahtar yöntemleri vardır. Genel anahtar şifreleme, özel anahtar ise şifre çözme rolünü üstlenmektedir. Şekil 3.5. asimetrik şifrelemede anahtar kullanımını göstermektedir.



Şekil 3.5. ASimetrik Şifreleme

Blok zincirinin önemli kriptografi terimlerinden biri de hash fonksiyonudur. Blok zincirinin değiştirilemez ve güvenli olmasını sağlayarak verileri koruma altına alır. Blokların hash değeri ile imzalanması blok zincirinin değiştirilemezlik ilkesi için oldukça önemlidir. Burada bir şifreleme anahtarı kullanılmaz bunun yerine hash algoritması kullanılarak sabit uzunlukta bir değer oluşturulur. Girilen verinin uzunluğu fark etmeksizin hash değeri belli bir uzunluğa sahiptir. Ayrıca hash değerinden orijinal veriye ulaşmak neredeyse imkansızdır.

Blokların hash değeri ile birleştirilmesi veri bütünlüğünü korumaktadır. Bloklardan birinde bir değişiklik yapmak o bloğun hash değerinin değişmesine sebep olarak zincirdeki diğer blokların da bozulmasına yol açar. Bu sebeple oluşturulan bloklar üzerinde değişiklik yapılamaz.

3.3.1. SHA-256 Algoritması

Şifreleme yöntemi, bloklar içerisinde hash değeri üretilmesi noktasında oldukça önemlidir. Matematiksel işlemler kullanarak veriden bir hash değeri üretilmektedir. Bu işlem için bazı temel kurallar da vardır. Bunlardan biri her veri kümesi için farklı hash değeri üretilmesidir. Büyük küçük harf duyarlılığı vardır. Hash algoritmaları, özetledikleri veriden bağımsız olarak sabit uzunlukta hash değer üretmektedir. En çok kullanılan algoritmalardan SHA-256 algoritması, 256 bit uzunluğunda hash değeri üretmektedir.

Secure Hash Algorithm (Güvenli Hash Algoritması), kriptografik hash işlemlerini yürütmek için tasarlanmıştır. SHA-256 ise 2001 yılında SHA algoritmasının bir parçası olarak güvenlik açıklarına karşı koruma sağlamak için ortaya çıkmış bir hash algoritmasıdır. Bu algoritmanın tasarlanması, kriptografide güvenliği sağlayan çok önemli bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir. Dijital imzaları oluşturmak için kullanılır ve belgelerin bütünlüğünü sağlar. Hash değeri üretmek için kullanılan bu algoritma blok zinciri teknolojisinin temelini oluşturmaktadır. SHA-256 algoritmasının yüksek güvenlik performansı, veri gizliliğinin önemli olduğu birçok alanda kullanılmaktadır. Tablo 3.1.' de SHA-256 algoritmasının veri ve ürettiği hash çıktıları gösterilmektedir.

Tablo 3.1. SHA-256 Şifreleme Algoritması

Girilen Veri	**Üretilen SHA-256 Hash Çıktısı**
Kan bağışı	b1914f2f8d9c9a2648b4e6d33df55afba76c00bc4c8d2a5d546345d404da913d
Kan bağışı.	a98f7a8fffd5ac4c1d2a1a9db234f51052e2f91e2b394d5264b7699e04f1b739
Kan bağışı için SHA-256 testi	7f945ba10f6b5e2335f8963f26c85b0eecf5cb10cfe9e95b1985b2d18b446f85
Bağış:350ml, Tarih:14-12-2024	be244f983013f1b8ddde7f3d5bba4a7be9dd146750f9d2b66cf0b34e3c03c56b

3.3.2. Keccak-256 Algoritması

SHA-3 ailesinden meydana gelen Keccak-256 gelişmiş güvenlik özelliklerine sahiptir. Veri bütünlüğünü sağlamada ve dijital imzalarda kullanımı yaygındır. Özellikle Ethereum ağının kullanıldığı yerlerde kullanılmaktadır. Kullandığı sünger yapısı sayesinde Keccak-256 algoritmasında verimlilik yüksektir. Sünger yapısında veriler emilim ve sıkıştırma işlemleriyle işlenmektedir. Emilim, verinin sabit boyutlu bloklara bölünerek iç duruma işlenmesidir. İç kısımdaki işleme tamamlandıktan sonra çıktı üretilmesi ise sıkıştırma işlemleriyle gerçekleştirilmektedir. Sünger yapısının şifreleme yöntemlerinde kullanımı algoritmanın esneklik, güvenlik ve performansını olumlu yönde etkilemektedir. Keccak-256 algoritmasının ürettiği hash değerleri Tablo 3.2.' de gösterilmektedir.

Tablo 3.2. Keccak-256 Şifreleme Algoritması

Girilen Veri	Üretilen Keccak-256 Hash Çıktısı
Kan bağışı	9b73c5257de964bf3f3c43ed67b5dbb28b7af129aa40f25b73c296de12af94f3
Kan bağışı.	2e1b93945724597ac04f27a8c56298e9c7ae35b54743fa7f30c4baf4de9114ba
Kan bağışı için Keccak-256 testi	62b821dcab53d7c64119db1b38edfb12145eddf7a1f90b74c4957d4733f611ae
Bağış:350ml, Tarih:14-12-2024	b17456d9a01a5449b92962dfd784aef9b3d40c7d5e471828a9c78ebc6d4eb60e

3.3.3. MD-5 Algoritması

Bir diğer önemli şifreleme algoritması 128 bit uzunluğunda çıktı üreten MD-5 algoritmasıdır. Bu algoritma, girilen verinin uzunluğundan bağımsız olarak her zaman sabit bir uzunlukta çıktı üretir. 1991 yılında Ronald Rivest tarafından geliştirilen MD-5 algoritması veri güvenliğini sağlamak için kullanılmaktadır. SHA-256 algoritmasına göre daha az güvenli olan bu algoritma genellikle hassas

olmayan verilerin güvenliğini sağlamak için kullanılır. Dijital imza ve sertifika gibi önemli verileri içerisinde barındıran dosyalar için ise daha güvenli olduğu bilinen algoritmalar tercih edilmektedir. MD-5 şifreleme algoritması için girilen veriler ve ürettiği hash değerleri Tablo 3.3.' de gösterilmektedir.

Tablo 3.3. MD-5 Şifreleme Algoritması

Girilen Veri	Üretilen MD-5 Hash Çıktısı
Kan bağışı	42c1983cb04b40cd7c3a7f44f1c7ba2d
Kan bağışı.	94b2d67d5d24254411858b1a80b7f738
Kan bağışı için MD-5 testi	7585b9c4c1e3e1e3a3080735a063dd6c
Bağış:350ml, Tarih:14-12-2024	123c32cbd248af43e00d59e403f91e1e

3.4. Fikir Birliği Algoritmaları (Consensus Algorithms)

Fikir birliği algoritmaları, blok zincirinin önemli özelliklerini belirleyen yazılım protokolleridir. Blok zincirinde kullanılan farklı fikir birliği algoritmaları vardır. Bunlar bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Fikir birliği algoritmaları güvenlik ve verimliliği üzerinden değerlendirilmelidir. Merkeziyetsiz bir yapıya sahip olan blok zinciri ağını güvenli olmasını sağlayan şey bu algoritmalardır. Tamamıyla otomatik bir yapıya sahip olan fikir birliği algoritmaları mantıklı ve kusursuz bir şekilde oluşturulmalıdır. Bu sayede blok zincirinin bütünlüğü sağlanabilir.

Fikir birliği algoritmalarından bazıları güvenliği ön planda tutarken bazıları da verimli ve hızlı olmasına dikkat etmektedir. Kullanıldığı alana göre yani hızın ya da veri güvenliğinin daha önemli olmasına bağlı olarak kullanılan algoritma da değişmektedir. Mevcut fikir birliği algoritmalarının eksiklikleri araştırmacılar tarafından kabul edilen bir gerçektir. Devam eden çalışmalar yeni algoritmaların üzerinde çalışıldığını ve en iyi fikir birliği algoritmasına henüz ulaşılamadığını göstermektedir.

3.4.1. Proof of Work (İş Kanıtı)

1993 yılında Cynthia Dwork ve Moni Naor tarafından yazılan bir makalede ortaya atılan iş kanıtı protokolü, 2009 yılında Bitcoin' in ortaya çıkışı ile benimsendi. PoW, blok zincir ağında olan kullanıcıların yaptıkları iş karşılığında ödül alarak gerçekleştirdikleri madencilik olarak tanımlanabilir. İş kanıtında üçüncü bir tarafa ihtiyaç duyulmadan işlemler güvenli bir şekilde gerçekleştirilir. Fikir birliği algoritmaları arasında en popüler olan ve en çok tercih edilen algoritmalardan biridir. Özellikle Bitcoinin de başarısı ile kripto para alanında kullanılmaktadır.

İş kanıtı, madencilerin yeni verileri doğrulamasında kullanılır ve bu işlem doğru bir şekilde yapıldığında madencinin ödüllendirilmesini sağlar. Matematiksel bulmacalar ile madenciler arasında bir rekabet başlatarak herhangi biri tarafından sistemin kandırılma ihtimalini ortadan kaldırır. İş kanıtı özellikle kripto para evreni için oldukça önemli olan çift harcama sorununu çözerek kendini kanıtlamış bir algoritmadır. Blok zincirinin ilerleyişinde çok önemli bir faktör olmasına rağmen yüksek enerji gereksinimi sebebiyle eleştirilen bir fikir birliği algoritmasıdır. Bu yüksek enerji kullanımı aynı zamanda madencilik işlemlerinin büyük kuruluşlar tarafından gerçekleştirilmesine sebep olarak blok zincirinin merkeziyetsizlik ilkesini de sarsmaktadır. Sahip olduğu dezavantajlara rağmen en çok tercih edilen fikir birliği algoritmalarından biridir.

3.4.2. Proof of Stake (Hisse Kanıtı)

PoS, blok zincir ağında yeni bloklar oluşturmak ve işlemleri gerçekleştirmek için kullanılan fikir birliği algoritmalarından biridir. PoW' a alternatif olarak oluşturulan hisse kanıtı, matematiksel hesaplamalara değil dijital varlık sahipliği üzerine kurulmuştur. Burada kullanıcı akıllı sözleşme aracılığıyla bir miktar kripto parayı kilitler ve yeni bir işlem karşılığında ödüllendirilir. Kullanıcı verileri kötü bir amaç ile hatalı bir şekilde doğrularsa kilitlenmiş olan varlığını (kripto parasını) kaybeder. Hisse kanıtı, blokları doğrulamak ve ödül kazanabilmek için kripto parasını teminat olarak sunma fikrine dayandırılmıştı. Solana, Terra gibi PoS kullanan bazı kripto para birimlerinin yanında ikinci en büyük kripto para birimi olan Ethereum da PoS' a geçiş aşamasındadır.

PoW ve PoS algoritmaları birbirinden oldukça farklı yaklaşımlara sahip olmakla birlikte her ikisinin de bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. PoW daha sağlam bir güvenliğe sahiptir fakat enerji tüketimi verimli değildir. PoS ise güvenlik açısında PoW kadar sağlam olmamakla birlikte enerjiyi verimli bir şekilde tüketmektedir.

Hisse kanıtının oluşturulma sebeplerinden birinin de çevresel sürdürülebilirlik ile ilgili tehlikeleri azaltmak olduğu düşünülecek olursa verimli enerji kullanımı ile bunu başarmış bir fikir birliği algoritmasıdır. Ethereum' un 2022 yılında yayınladığı Enerji Tüketim Endeksinde PoW' dan PoS' a geçiş ile enerji tüketiminin %99,84 oranında azaltıldığı belirtilmiştir [28].

3.4.3. Delegated Proof of Stake (Delege Edilmiş Hisse Kanıtı)

Hisse kanıtı sürecine demokratik bir unsur katılarak evrimleşmesidir. PoS' a benzer bir şekilde çalışmasına karşın burada katılımcılar blokların doğrulanması için delegeleri seçmektedir. Her yeni blok için delege seçimi tekrarlanır yani delegeler sürekli değişir. 2014 yılında Dan Larimer tarafından geliştirildi ve demokratik bir yaklaşım olması ile dikkat çekti. Dijital varlığa dayalı olmadan kullanıcıların seçimi ile daha çeşitli kişilerin sürece katılmasını sağlayacaktır. Blokların doğrulanmasında sınırlı sayıda kişinin olması sürecin hızlanmasına da yardımcı olacaktır. DPoS kullanan ilk kripto para platformu BitShares olmuştur.

3.4.4. Byzantine Fault Tolerance (Bizans Hata Toleransı)

BFT, bazı düğümlerin hatalı çalışması durumunda bile direnen fikir birliği algoritmasıdır. Bizans Generalleri Probleminden esinlenerek oluşturulmuştur. 1982 yılında Bizans generallerinin iletişim problemleri sebebiyle yaşayabilecekleri mantıksal ikileme Bizans Generalleri Problemi denir. Burada bahsedilen problem generallerin saldırı esnasında bir fikir birliğine varabilmesidir. Generallerin farklı saldırı noktalarından mesaj yolu ile iletişime geçmesi mesajların değiştirilmesi, yok edilmesi ve kaybolması ihtimallerini de beraberinde getirmektedir. Blok zinciri ağında ise dağıtılmış bir şekilde olan düğümler generallere benzetilerek bu problem üzerinden nasıl fikir birliğine varılabileceği üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda BFT ortaya çıkmıştır.
BFT de herhangi bir düğümün çalışmasında bir sorun ortaya çıksa bile yeteri kadar düzgün çalışan düğüm var ise ve bir fikir birliği sağlanabiliyorsa sistem çalışmaya devam edecektir. Burada amaç kötü niyetli düğümlerin, fikir birliğine etkisini azaltarak sistemin bir direnç oluşturmasını sağlamaktır.

3.4.5. Proof of Authority (Yetki Kanıtı)

Genellikle izinli blok zincirlerinde tercih edilmektedir. Doğrulayıcıları seçen bu algoritma ölçeklenebilir bir yapıya sahiptir. Ancak merkeziyetsizliği önemsemeyen PoA kullanıcı anonimliğini de tehlikeye atmaktadır. Xodex, JP Morgan, VeChain bu fikir birliği algoritmasını kullanmaktadır. Bu algoritmanın iyi bir şekilde çalışması için her düğümün yeni blok oluşturma şansının eşit olduğundan emin olunması gerekir. Oluşturulan rastgele bekleme süresi tahmin edilebilir veya kusurlu ise PoET' in temeli olan tüm kullanıcılara eşit şans sunulamayacak ve algoritmaya duyulan güven azalacaktır. Fakat iyi düşünülmüş ve kusursuz bir PoET algoritması enerji kullanımını en aza indirerek verimi de arttırır.

3.4.6. Proof of Elapsed Time (Geçen Zamanın Kanıtı)

Bu algoritma, rastgele oluşturulmuş bir bekleme süresi sayesinde blok zincir ağındaki tüm katılımcılara eşit şans vermektedir. Genellikle izinli blok zinciri ağlarında tercih edilmektedir. 2016 yılında Intel Corporation tarafında oluşturulan PoET, Hyperledger Sawtooth projesinde kullanılan fikir birliği algoritmasıdır.

3.4.7. Proof of Capacity (Kapasite Kanıtı)

İşlemleri doğrulamak ve karar vermek için geçici olarak sabit disklere ihtiyaç duyan PoC, diğer fikir birliği algoritmalarından daha hızlı bir şekilde çalışmaktadır. Bu kanıtı Signum ve Chia kripto para birimleri kullanmaktadır. PoC, enerji verimliliği açısından avantajlı kabul edilse bile kötü amaçlı yazılımlara karşı yüksek bir güvenliğe sahip olmaması geliştiriciler tarafından çok tercih edilmemesinin sebebidir.

3.4.8. Proof of History (Tarihin Kanıtı)

Blok zincirine tarihin eklenmesi ile meydana çıkan protokole denir. Bu algoritma, doğrulama aşamasında bloğun hash değerine zaman kavramını ekleyerek işlem geçmişinin kesintisiz bir şekilde kaydedilmesini sağlamaktadır. Hibrit bir fikir birliği algoritması olan PoH genellikle başka bir algoritma ile birlikte kullanılır. Solana bu algoritmayı kullanan en bilindik platformdur. Bu algoritma blok zincirinin hızlı ve güvenli olmasını sağlar ancak işlem hızının yüksek olması verinin birikmesine sebep olmaktadır.

Tablo 3.4.' de fikir birliği algoritmalarının enerji tüketimi, işlem süreleri, güvenlik, merkeziyetsizlik ve sürdürülebilirlik açısından karşılaştırılması gösterilmektedir.

Tablo 3.4. Fikir Birliği Algoritmaları

PoW	**PoS**	**DPoS**	**PBFT**	**PoA**
Madencilik işlemi için yüksek enerji tüketir.	Düşük seviyede enerji tüketir. Madencilik gerektirmez.	Çok düşük seviyede enerji tüketir.	Yoğun enerjili işlemler içermediğinden düşük seviyede enerji tüketir.	Enerji tüketimi düşük bir seviyededir.
İşlem süreleri yavaştır.	İşlem süresi PoW' a göre daha hızlıdır.	Yüksek bir hıza sahiptir.	Hızlı ve ölçeklenebilir bir yapıya sahiptir.	Az sayıda doğrulayıcı çalıştığı için hızlı bir algoritma olarak görülür.
Yüksek güvenliğe sahiptir	Güvenlidir.	Saldırıya karşı direnci artırmasıyla güvenli bir algoritma olarak bilinir.	Güvenli bir algoritmadır ancak kötü niyetli katılımcılara karşı bazı riskleri içerisinde barındırır.	Güvenlidir.
Tam bir merkeziyetsizlik sağlar.	Tam bir merkeziyetsizliğe sahip değildir.	Doğrulayıcıların bulunması merkeziyetsiz yapı oluşturulmasına engel oluşturabilir.	Bu algoritmada merkezi bir yapı oluşturulabilir.	Merkeziyetsizlik yapısı tam olarak oluşturulmamıştır.
Yüksek karbon ayak izi ile çevreye olumsuz etki oluşturabilir.	Düşük karbon ayak izi ile çevre dostu bir algoritmadır.	Enerji tasarrufu yüksek ve karbon ayak izi düşüktür.	Düşük karbon ayak izi ile çevre dostudur.	Karbon ayak izi düşüktür.
Bitcoin, Litecoin gibi blok zincir platformlarında kullanılır	Ethereum, Cardano, Polkadot PoS kullanım alanlarıdır.	Kullanım alanları; EOS, Tron, BitShares' tir	Hyperledger Fabric, Ripple, Stellar kullanım alanlardır.	VeChain, Xooa ve PoA özel ağlarında kullanılır.

3.5. Blok Zincir Teknolojisinin Kullanım Alanları

Merkeziyetsiz bir yapıya sahip olan blok zincir teknolojisi, kripto para alanının ötesine çıkarak farklı sektörlerde de kullanılmaya başlanmış önemli bir teknolojidir. Şeffaflık, güvenlik, değiştirilemezlik, denetlenebilirlik gibi özellikleri her alanda yenilikçi çözümler arayan geliştiricilerin bu teknolojiyi araştırmalarına ve projelerine entegre etmesine sebep olmuştur.

- Kripto Para: Kripto para, blok zincir teknolojisinin ilk kullanım alanıdır. Bitcoin ve Ethereum gibi dijital para birimlerinin teknolojik arka planını blok zinciri oluşturmaktadır. Dijital para birimlerinin ortaya çıkması ile merkezi bir onay olmaksızın finansal işlemler gerçekleştirilmektedir. Bu sistem geleneksel bankacılığa alternatif olarak daha hızlı bir şekilde işlemlerin gerçekleştirilmesini sağlamaktadır.
- Tedarik Zinciri: Blok zincir teknolojisinin bir diğer kullanım alanı ise tedarik zincir yönetim sistemleridir. Tedarik zincirindeki ürünlerin, baştan sona kadar bütün süreç içerisinde şeffaf bir şekilde kayıt altına alınması ve bu sürecin takip edilebilmesi blok zincir teknolojisi sayesinde gerçekleşmektedir. Ürünler, üretim ve dağıtım aşamalarında güvenli bir şekilde izlenebilmektedir.
- Sağlık Sektörü: Sağlık sektörü kişisel verilerin korunmasına önem vermektedir. Blok zincir teknolojisinin veri gizliliği konusundaki çalışmaları ile birlikte bu sektördeki sorunlara blok zincir tabanlı yenilikçi çözümler üretilmektedir.
- İlaç takibinde, şeffaflığın ön planda olduğu ve sahte ilaç dağıtımının engellendiği çözümler blok zincir teknolojisi kullanılarak sağlanmaktadır.
- Eğitim Hizmetleri: Blok zincir teknolojisi, eğitimde öğrencilerin kayıtlarının güvenli bir şekilde saklanması ve paylaşılmasını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca diploma ve sertifikaların blok zincirinde saklanması ile bu alanda sahteciliğin de önüne geçilmektedir.
- Kamu Hizmetleri: Kamu hizmetlerinde birçok alanda kullanılabilecek olan blok zinciri güvenilir ve şeffaf bir şekilde süreçlerin takip edilmesini sağlamaktadır. Arazi ve tapu işlemlerinin blok zincirinde tutulması ile kişinin mülkiyet hakları daha gelişmiş bir sistem üzerinden korunmaktadır. Blok zincir teknolojisi tabanlı sistemler ile vergi ve ihale süreçlerinin takip edilmesi ise usulsüzlüklerin en aza indirilmesini sağlayarak bu süreçlerin şeffaf bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır.
- Blok zincirinin kullanıldığı bir diğer önemli alan ise seçimlerdir. E-oylama sistemlerinin blok zincir tabanlı oluşturulması ile değiştirilemez, şeffaf ve güvenli bir seçim süreci oluşturulmaktadır
- Enerji Sektörü: Enerji sektöründe blok zincir teknolojisinin kullanılması ile enerjide verimlilik ve sürdürülebilirlik sağlanabilmektedir. Enerji tüketiminin izlenebilir olması enerji israfının engellenmesi ve bu alanda daha hızlı çözümler üretilmesine yardımcı olmaktadır.

- Sanat, Oyun ve Eğlence Sektörü: NFT' ler sayesinde sanat eserleri blok zincir üzerinden alınıp satılabilmektedir. Sanatçıların eserleri üzerindeki haklarını takip edebilmesi blok zincirinde daha güvenilir ve şeffaf bir şekilde gerçekleşmektedir. Oyun sektöründe de merkeziyetsiz oyunların oluşturulması oyunda hilenin engellenmesini sağlamaktadır. Oyun içindeki ödül ve harcamalar da blok zincir teknolojisi sayesinde güvenli bir şekilde korunmaktadır.

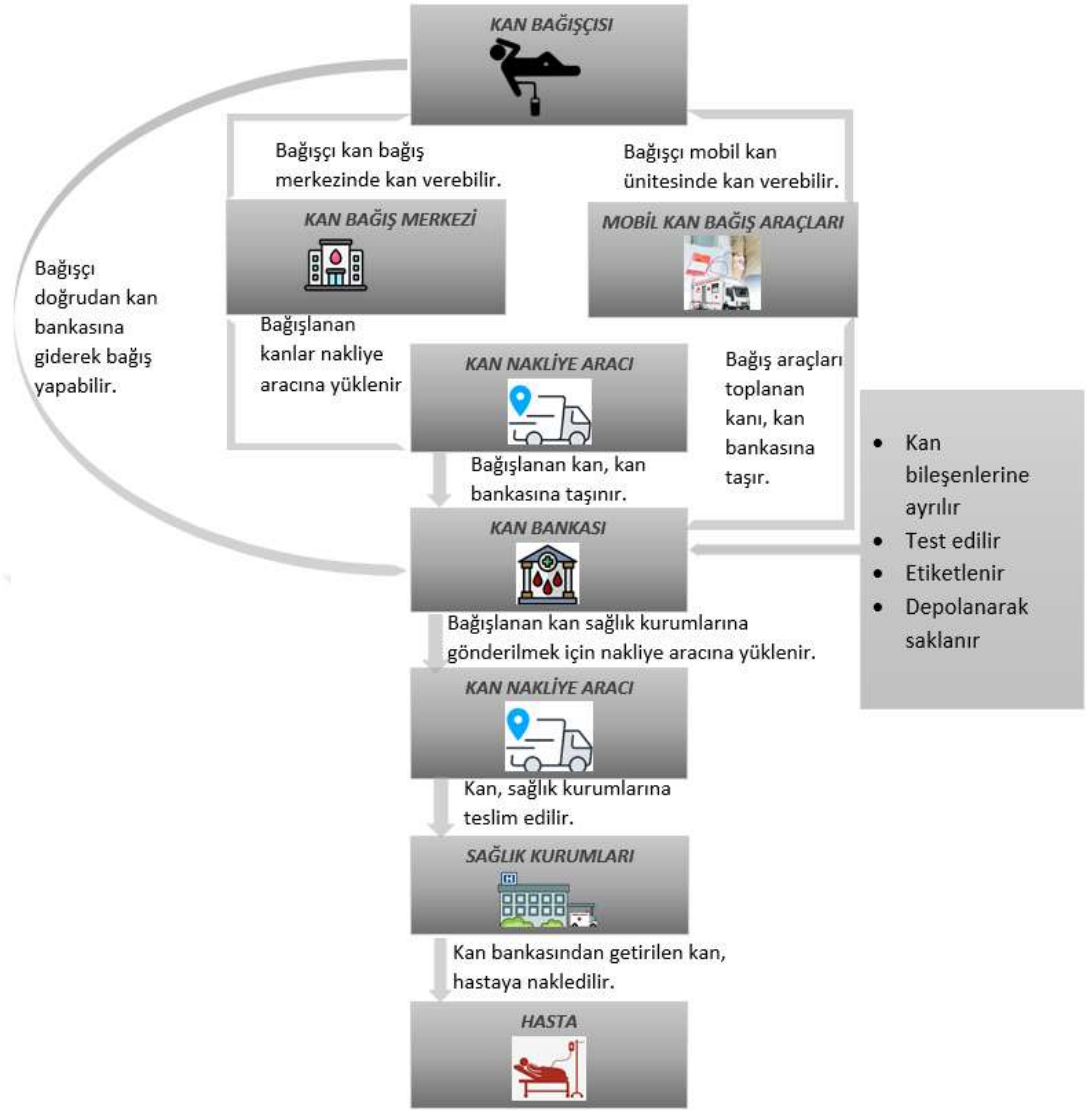
Blok zincir teknolojisi 2009 yılında ilk kez kripto para alanında kullanılmaya başlamasından günümüze kadar çok yol kaydetmiş bir teknolojidir. Sunduğu yenilikçi çözümler ile her sektörde araştırmalara sebep olan blok zincir teknolojisinin kullanım alanı daha da artacaktır. Şeffaflık, güvenlik, denetlenebilirlik, merkeziyetsizlik ve değiştirilemezlik özellikleri blok zincir teknolojisinin kullanıldığı sektörlerde verimlilik ve güvenilirliği arttırmasına sebep olmaktadır.

4. MATERYAL VE METOT

Kan bağış ve nakil süreçlerinde veri güvenliği, takip edilebilirliği ve şeffaflığı sürecin iyi yönetilebilmesi için önemli faktörlerdir. Bağışladığı kanın kullanılıp kullanılmadığı ile ilgili bilgi eksikliği bağışçının sisteme güvenini azaltan bir unsurdur. Aynı zamanda bağışçının bu bilgiye erişimi bağış yapma şevkini de attıracaktır. Kan bağış sürecinde hasta ve bağışçıların kişisel verilerinin korunması ve siber saldırılar ile ele geçirilmemesi de önemli bir konudur. Veri güvenliğinin sağlanması ise veri şifreleme algoritmalarının sistemde yeterli seviyede kullanılması ile gerçekleştirilebilir. Mevcut kan yönetim sistemlerinde güvenlik ve şeffaflık konularında yeterli bir çalışma bulunmamaktadır. Temel kan ihtiyacını karşılamak için kullanılan bu sistemlerde kişisel bilgilerin sızdırılması, manuel olarak yapılan işlemlerde hata yapılma riskinin daha fazla olması ve sürecin şeffaf bir şekilde takip edilememesi kan bağış ve nakil süreci için daha yenilikçi çözümler üretilmesine sebep olmaktadır.

4.1. Sistemin Tasarımı

Bu tez çalışması blok zincir tabanlı kan bağış sistemi ile tüm bu sorunları ele alarak sürecin şeffaf ve takip edilebilir olmasını sağlamaktadır. Blok zincirinin değiştirilemez özelliği sayesinde işlemlerde hata ve manipülasyonların azaltılması hedeflenmektedir. Akıllı sözleşmeler kullanılarak işlemlerin otomatikleştirilmesi sürecin hızlanmasını ve insan kaynaklı hataların en aza indirilmesini sağlamaktadır. Bu çalışma ile bağışçıdan alınan kanın hastaya nakledilmesine kadar ki tüm süreç şeffaf bir şekilde izlenebilmektedir.

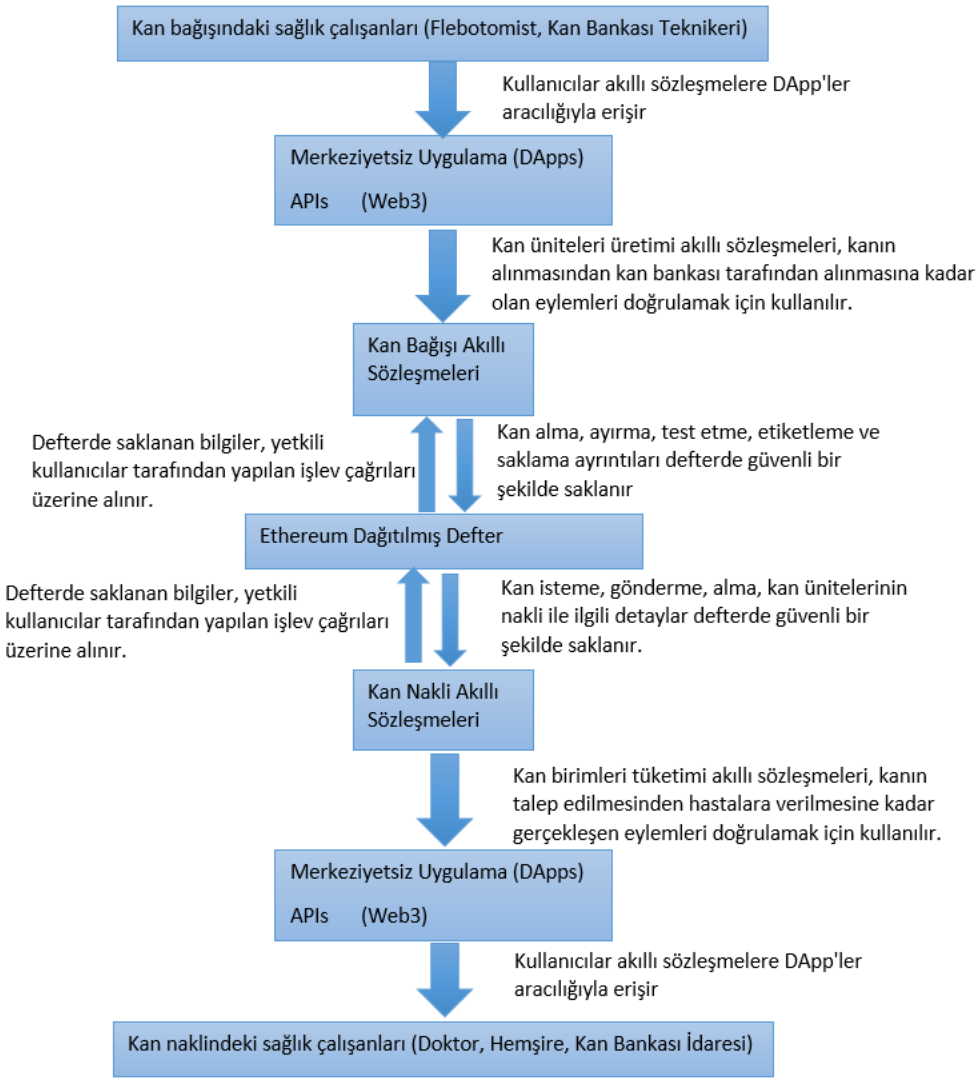


Şekil 4.1. Elektronik kan bağış sisteminde kanın nakil süreci

Kan bağış süreci kanın bağışçıdan alınması ile başlamaktadır. Şekil 4.1.' de detaylı bir şekilde yer alan kan bağış ve nakil süreci kanın flebotomist tarafından sisteme kaydedilmesi ve bağışlanan kanların taşıyıcılar tarafından kan bankalarına götürülmeleri ile devam eder. Kan bankasında kana gerekli testler yapılarak gerekli ısı seviyesinde saklanır. Kana ihtiyaç olduğunda ise hastane ve kan bankaları arasında iletişim sağlanarak kanın hastaneye ve oradan da hastaya nakledilme süreci başlar. Bu çalışma tüm bu sürecin blok zincir teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır.

Blok zincir tabanlı kan bağış sistemi akıllı sözleşmeler üzerine kurulacaktır. Sistem kan bağışı ve kan nakli şeklinde iki farklı kısımdan oluşacaktır. Kan bağış kısmında bağışçının kanı vermesi ve kan depolama merkezinde en iyi koşullarda depolanması işlemleri gerçekleşecektir. İkinci kısım ise kan tedariği, burada hasta için en uygun kan seçilerek kan merkezinden bu kanın istenmesi

gerekmektedir. İstenilen kan, kan merkezi tarafından onaylandıktan sonra kan teslimatı gerçekleşecektir. Şekil 4.2.' de oluşturulan akıllı sözleşmeler ve işlemler gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Blok zincir tabanlı kan bağış sisteminde oluşturulacak akıllı sözleşmeler ve yapılacak işlemler

Ethereum ağı kullanılarak yapılacak olan bu sistemde iki akıllı sözleşme olacaktır. Kan bağışı için oluşturulan akıllı sözleşmede, kan alma, ayırma, test etme, etiketleme ve saklama verileri saklanırken kan nakli için oluşturulan sözleşmede ise kan isteme, gönderme, kanın nakli ile ilgili veriler saklanacaktır.

Akıllı sözleşmeler aracılığıyla çeşitli çalışanlara farklı yetkiler verilecektir. İlk aşamada kan bağış süreci başlayacak ve burada çalışan kişilere yetki verilecektir. Flebotomist, tarih, bağışçı kimliği, kanın durumunu, kanı alan sağlık çalışanının kimlik bilgilerini tanımlamalıdır. Bu bilgiler tanımlandıktan sonra kanı kan bağış noktasından kan bankasına taşıyacak olan kişi tanımlanmalıdır. Bu tanımlamalar yapıldıktan sonra kanın takibi yapılabilecektir. Bu aşamadan

sonra ise kanın kan bankasına teslim edilmesi gerekmektedir. Kan bankası çalışanı kanı teslim aldığını, kanın son durumunu, kanı teslim alan sağlık çalışanının kimlik bilgisini, kanı getiren taşıyıcının bilgilerini, kanı teslim aldığı tarihi sisteme tanımlayacaktır. Bu işlemleri yetkilendirme yaparak sadece o birimde çalışanların gerçekleştirebilmesi sistem güvenliği için önemli bir konudur.

İkinci aşamada ise kana ihtiyaç duyulması durumunda kanın hazırlanması ve hastaneye taşınması adımları tanımlanacaktır. Kan bankasından kanın çıktığı andaki durumu, gideceği hastane bilgisi, kanı taşıyacak çalışanın bilgilerini, tarihi sisteme tanımlayarak kanı taşıyıcıya teslim edecektir. Kanın taşınma süreci sistemde şeffaf bir şekilde takip edilerek hastaneye ulaştığında hastane çalışanı tarafından teslim alınacaktır. Hastane çalışanına verilen yetki sayesinde kan ile ilgili bilgileri ve kanın uyumlu olduğu hastanın bilgilerini sisteme tanımlayacaktır. Kan hastaya nakledildikten sonra hastanın durumu ile ilgili bilgi de hastane çalışanı tarafından sisteme tanımlanacaktır.

Blok zincir tabanlı bu sistemin oluşturulmasında çeşitli teknolojiler ve yöntemler kullanılacaktır. Kan bağış sistemin oluşturulması için kullanılacak teknoloji ve programa dilleri aşağıda kısaca anlatılmıştır.

Dağıtılmış defter teknolojisini kullanan sisteme blok zinciri denir. Dağıtılmış defter teknolojisi, parçalara ayrılmış verinin şifrelenmiş bir şekilde birden fazla ağda saklanmasıdır. Dağıtık defter teknolojisiyle oluşturulan sistemlerde, işleri yürütmek için bir merkezin onayına ihtiyaç yoktur. Ağa katılan kullanıcılar işlemi onaylayabilir. Her alanda merkezi bir otoritenin zaman kaybı olması ve dağıtık defter teknolojisinin merkezi sistemi ortadan kaldırması blok zincirine olan ilgiyi arttırmaktadır.

Blok zinciri, verileri okuma ve yeni blok ekleme iznine göre 4 kategoride sınıflandırılır.

1. Bütünüyle izin gerektirmeyen blok zinciri, verileri okumak veya yeni bloklar ekleyebilmek için izin gerektirmeyen ağlara denir. Açık ağ yapısına sahiptir.

2. Kısmen izin gerektirmeyen blok zinciri de açık ağlardan biridir. Bu sistemde veriyi okumak için izin gerekmez ancak yeni blok eklemek için izin alınması gerekir.

3. Kısmen izin gerektiren blok zinciri, özel ağ yapısına sahip olan bu sistemde verileri okumak için izin alınır ve izin alındıktan sonra yeni blok eklemek için izin alınmaz.

4. Tümüyle izin gerektiren blok zinciri ise tamamen izin gerektiren bir sistemdir. Yani verileri okumak için izin alınır daha sonra yeni blok eklemek için tekrar izin alınır. Bu sistem de açık ağ yapısına sahiptir.

Blok zinciri verilerin güvenliği ve bütünlüğü için kriptoloji kullanmaktadır. Blok zincir teknolojisi simetrik ve asimetrik şifreleme yöntemlerini kullanmaktadır. Simetrik şifrelemede şifreleme ve

çözümleme adımlarında aynı anahtar kullanılırken asimetrik şifrelemede şifreleme ve çözümleme adımlarında farklı anahtarlar kullanılmaktadır. Bu anahtarlardan biri herkese açık diğeri ise özel anahtardır. Böylece kullanıcıların sisteme gönderdiği şifreli veriye sadece özel anahtara sahip kullanıcı erişebilir.

Blok zincirinin gelişimi genel olarak 3 aşamada gerçekleşmiştir. Bunlar kripto para aşaması, akıllı sözleşmeler aşaması ve merkezi olmayan uygulamaların geliştirildiği aşamadır.

Sistemin arka planını oluştururken Ethereum ağının kullanılması planlanmaktadır. Ethereum, açık kaynak kodlu, halka açık, akıllı sözleşme işlevselliğine sahip blok zincir ağıdır. Ethereum, işlemleri doğrulamak ve kaydetmek için kullanılan merkezi olmayan defterdir. Ethereum ağı genellikle gizliliği arttırması ile ön plana çıkmaktadır. Oluşturulacak kan yönetim sisteminde bazı özel bilgilerde yer alacağı için bu bilgilere belirli kişi ve kurumlar erişebilmelidir. Ethereum ağının kullanıcıya gerekli gizlilik ve yetkilendirmeyi sağlıyor olması bu çalışmada tercih edilmesini sağlayan en önemli etkendir. Ethereum ağının tercih edilmesindeki diğer sebepler ise şöyledir;

- Ethereum ağı akıllı sözleşmeler için çok uygun bir altyapıya sahiptir. Bu çalışma için önemli bir yere sahip olan akıllı sözleşmeler sayesinde işlemler otomatik bir şekilde yürütülecektir.
- Ethereum açık kaynaklıdır ve sürekli geliştirilmeye elverişlidir. Geniş bir ekosisteme sahip ve farklı sektörlerde farklı projeler için kolayca kullanılabilir.
- Sağlam bir güvenlik mekanizması bulunmaktadır. Düğüm sayısının fazla olması sayesinde ağın saldırıya uğrama riski azalır.
- Ethereum ağı entegrasyon açısından avantajlı bir konumdadır. Önerdiğimiz sistem hayata geçirildiğinde sağlık sektöründeki diğer uygulamalar ile entegre çalışmalıdır. Bu noktada Ethereum' un avantajlı olacaktır.
- Ethereum ağı ve PoS sayesinde işlemler daha hızlı gerçekleşirken işlem maliyetleri de daha düşük olacaktır.

Ethereum' un akıllı sözleşmeler özelliği de blok zincir tabanlı bu sistemde kullanılacaktır. Blok zincir teknolojisinin tercih edilmesindeki en önemli sebeplerden biri de merkezi bir otoriteyi ortadan kaldırarak sistemin en hızlı ve güvenilir bir şekilde kullanılmasını sağlamaktır. Sistem bir otorite olmadan fakat belli kurumlar ile iletişim halinde ilerleyecektir. İşlemler bu kurumda çalışan kişilere akıllı sözleşmeler içerisinde yetki verilerek gerçekleştirilecektir. Akıllı sözleşmeler, önceden belirlenmiş şartlar yerine getirildiğinde otomatik olarak yürütülen ve blok zincirinde depolanan dijital sözleşmelerdir. Blok zincir tabanlı kan bağış sistemi akıllı sözleşmeler üzerine kurulacaktır. Akıllı sözleşmeler, işlemlerin otomatik bir şekilde yürütülmesini sağlayarak önceden belirlenmiş kurallara uygun olarak kan bağış sürecinin manipüle edilmesinin önüne geçecektir. Akıllı sözleşmelerin sistemin sağlıklı bir şekilde çalışması için hatasız ve güvenilir bir şekilde

oluşturulması gerekmektedir. Oyente aracı kullanılarak akıllı sözleşmeler test edilecektir. Oyente, akıllı sözleşmelerde güvenlik açıklarını yakalamak için kullanılan doğrudan EVM (Ethereum Sanal Makine) bayt koduyla çalışan önemli bir analiz aracıdır. Bu tez çalışmasının güvenlik analizlerini gerçekleştirmek için de Oyente aracı kullanılacaktır.

Kullanıcıların blok zinciri ile etkileşime gireceği ara yüz DApp (Decentralized Applications) aracılığıyla sağlanır. DApp, merkezi olmayan uygulamalar için kullanılan açık kaynaklı yazılım uygulamasıdır. Akıllı bir sözleşme ile merkezi olmayan bir ağ üzerine kurulmuş ön uç kullanıcı arabiriminin birleşimi ile merkeziyetsiz uygulamalar meydana gelmektedir. DApp' ler işlemleri yetkilendirmek ve blok zincirine bağlamak için akıllı sözleşmeleri kullanır. Gelen verileri blok zincirine aktarır ve akıllı sözleşmelerin devreye girmesini sağlar. Ethereum gibi merkezi olmayan bir ağ üzerinde oluşturulur. DApp ile blok zincirin iletişim kurmasını ise Web3 API sağlamaktadır. Kullanıcı API sayesinde blok zincir üzerinde işlem yapabilmektedir. Akıllı sözleşmelerin çağrılması, bir işlemin gönderilmesi, imzalanması veya sorgulanması gibi tüm işlemler bu API sayesinde gerçekleştirilmektedir.

PoS fikir birliği algoritması kullanılarak kan bağış sisteminin daha verimli ve güvenli olması planlanmaktadır. PoS blok zincir ağındaki blokların doğrulanmasını sağlayan ve madencilik işlemi gerektirmeyen fikir birliği algoritmasıdır. PoS, PoW algoritmasının aksine yüksek enerji tüketimine ihtiyaç duymadığı için bu sistemin oluşturulmasında tercih edilmiştir. PoW' a kıyasla daha düşük işlem maliyetine sahip olan PoS veri bütünlüğünü sağlayarak güvenliği de arttırmaktadır. PoS algoritması ile daha düşük bir seviyede enerji tüketerek sağlıkta sürdürülebilirliği korumak da amaçlanmaktadır.

Ethereum ağının kullanılacağı bu sistemde, SHA-3 ailesinin Keccak-256 hash algoritması kullanılarak verilerin şifrelenmesi planlanmaktadır. Keccak-256, Ethereum ağında yaygın olarak kullanılan, veri bütünlüğü, güvenliği ve verimliliğini sağlayan hash algoritmasıdır. Keccak-256 algoritması tarafından üretilen hash değerlerinin geri çevrilemez olması sayesinde veriler kötü niyetli saldırılara karşı korunabilir. Kan bağış sisteminin hassas verileri içerisinde barındıran bir sistem olması bu algoritmanın tercih edilmesinde önemli bir etken olmuştur. Keccak-256 algoritması, akıllı sözleşmeler ile uyumlu bir şekilde çalışarak, verileri doğrulamak ve işlemleri yönetmek için kullanılmaktadır.

Bu sistemin teknolojik alt yapısını akıllı sözleşmeler oluşturmaktadır. Bu akıllı sözleşmeler, yüksek seviyeli bir programlama dili olan Solidity dili ile oluşturulacaktır. Solidity' nin derlemesine uygun olan Visual Studio Code ortamı kullanılarak yazılan kodlar derlenecektir. Sistemi test etmek için ise Truffle aracı kullanılacaktır. Akıllı sözleşmelerin geliştirilmesi, test edilmesi, dağıtılması ve yönetilmesi için Truffle aracı kullanılacaktır. Son olarak MetaMask tarayıcı uzantısı kullanılarak web tarayıcısı ile Ethereum etkileşime girecektir. MetaMask, blok zincir ağlarına bağlanmak için kullanılan, Ethereum işlemlerini yapan bir tür web tarayıcı eklentisidir.

Akıllı sözleşmelerin oluşturulması blok zincir tabanlı kan bağış sisteminin en önemli aşamasıdır. Kan bağış sürecinin her işlemi detaylı bir şekilde planlanarak akıllı sözleşmeler oluşturulacaktır. Oluşturulan akıllı sözleşmelerin testleri ve güvenlik analizleri sistemin güvenilirliğini sağlamak için oldukça önemlidir. Ganache test ağı kullanılarak akıllı sözleşmelerin testleri yapılacaktır. Truffle aracı ile entegre bir şekilde çalışan sanal bir Ethereum ağıdır. Akıllı sözleşmelerin test edilmesinde ve sistemin hatasız bir şekilde çalışmasında kritik bir öneme sahiptir. İşlemlerin gerçek bir ağa gitmeden önce test edilebilmesi sürecin daha hızlı ilerlemesini sağlamaktadır. Burada yapılan işlemler sanal bir ağ üzerinden gerçekleştirildiği için test aşamasında işlem maliyeti oluşmamaktadır. Bu avantajlarından dolayı ilk aşamada Ganache test ağı üzerinden testler gerçekleştirilecektir. Oyente test aracı, akıllı sözleşmelerde güvenlik açıklarını yakalamak için kullanılan doğrudan EVM (Ethereum Sanal Makine) bayt koduyla çalışan önemli bir analiz aracıdır. Bu çalışmasının güvenlik analizlerini gerçekleştirmek için de Oyente aracı kullanılacaktır. Bu test aracı sayesinde sistemin güvenlik açıkları önceden tespit edilebilecek ve akıllı sözleşmelerin güvenli bir şekilde çalışabilmesi sağlanacaktır. Penetrasyon testleri ile sisteme siber saldırı simülasyonlarının gönderilmesi planlanmaktadır. Bu testler sayesinde sistemdeki güvenlik açıkları görülebilir ve gerekli çözümler önceden planlanabilir. Gerekli tüm testlerin yapılması ile blok zincir tabanlı kan bağış sisteminin güvenli ve hatasız bir şekilde çalışması sağlanacaktır.

Blok zincirinin oluşturulma aşamasında sistemin arka planı oluşturulacaktır. Akıllı sözleşmelerin oluşturulması bu aşamanın en önemli işlemidir. Kan bağış sürecinin her işlemi detaylı bir şekilde planlanarak akıllı sözleşmeler oluşturulacaktır. Oluşturulan akıllı sözleşmelerin testleri ve güvenlik analizleri yapılacaktır.

Genel olarak sistemin çalışma prensipleri ve kullanılacak teknolojilerden yukarıda bahsedilmektedir. Yapılacak işlemler ve yetkilendirmeler ise akıllı sözleşmelere yazılacak algoritmalar ile gerçekleştirilecektir. Yazılacak algoritmalar temel olarak Şekil 4. 3.’ deki gibi olacaktır.

Şekil 4.3. Akıllı sözleşme algoritmalarının tanımlanması ve yetkilendirme işlemleri

bagıslananKan(), burada kanın bağışçıdan alınması ve bilgilerinin sisteme tanımlanması işlemleri gerçekleştirilecektir. Burada ilk olarak bağışçı kaydı oluşturulacaktır. Bağışçının kaydı oluşturulduktan sonra ise bağışladığı kanın işlemleri yapılacaktır.

kanbankasınaNakledilenKan(), kanın kan bankasına taşıyıcı aracılığıyla götürülürken takip edilmesini sağlayan işlemler burada gerçekleştirilecektir. Burada kanın taşınması süreci başlatılır ve taşıyıcı bilgileri sisteme eklenir. Taşımanın başladığı tam tarih ve saat bilgisi de bu algoritma üzerinden kaydedilir. Taşıma işlemi bittiğinde de tarih bilgisi eklenir böylece taşıma süresi sisteme kesin ve değiştirilemez bir şekilde kaydedilir. Kanın taşınma sürecinin şeffaf ve izlenebilir olması sağlanır.

depolananKan(), kan bankasına ulaşan kanın depolanması ve burada ki durumunun izlenebilmesi için oluşturulan algoritmadır. Bu algoritma içerisinde depolanma tarihi, bağışlanma tarihi bilgileri yer almaktadır. Bu kan bankasına götürülen tüm kanların durumu buradan takip edilebilir. Bağışçı buradan girilen bilgi sayesinde bağışladığı kanın mevcut durumunu görebilir.

Kan bankasındaki kanların son kullanım tarihi de bu algoritmaya bağlı yeni bir fonksiyon içinde tanımlanacaktır. Böylece depodaki kanların geçerliliği kontrol edilebilecek ve israf edilen kan oranı azaltılabilecektir.

talepEdilenKan(), hastane tarafından kanın talep edilmesi burada gerçekleştirilecektir. Burada talep edilen kanın miktarı, tipi gibi bilgiler tanımlanacaktır. Burada hastanenin talep ettiği kan miktarı ve türü ile ilgili bilgilere yer verilir. Kan bankasındaki tüm kanların görüntülenmesi ve talep edilen kanların görüntülenmesi de bu algoritma içerisindedir. Bu sayede otomatik bir şekilde kan talepleri ve depolanan kanlar kontrol edilebilir. Depodaki kanların listelenmesi son kullanım tarihine göre gerçekleştirilecektir. Böylece hastaya uygun kan bulunurken depodaki kanların geçerlilik süresi içerisinde nakledilmesi de gerçekleştirilecektir.

Talep edilen kan ile ilgili durum nakil işlemi yapılmadan da güncellenebilecektir. Hastanın ölmesi veya bir yakınının kan vermesi sonrası hastane çalışanı talep edilen kan ile ilgili durumu güncelleyebilecektir.

onaylananKan(), kan bankasının talep edilen kanı onaylayarak taşıyıcı aracılığıyla hastaneye göndermesi işlemleri burada gerçekleştirilecektir. Bu algoritma talep edilen kan ile kan bankasındaki kanın eşleşmesi sonrasında kanın depolandığı yerden hastaneye nakledilmek üzere yola çıkacağı bilgisinin onaylanmasını sağlar. Talebin onaylanması depoda o kan türünde istenilen miktarda olması ile gerçekleşir. Onaylandıktan sonra kan talebi ile ilgili bilgi güncellenir ve talep edilen kan sağlanmış olur.

hastaneyeNakledilenKan(), kan bankasından yola çıkan kanın hastaneye gidene kadarki süreci burada gerçekleştirilen işlemler ile takip edilebilecektir. Burada onaylanan kanın taşınması ile ilgili bilgiler sisteme kaydedilir. Taşıyıcı bilgileri, kan bankasından çıkış zamanı ve hastaneye varış zamanı gibi bilgiler bu algoritma ile sisteme kaydedilir. Bu sayede taşınan kan şeffaf bir şekilde izlenebilmektedir.

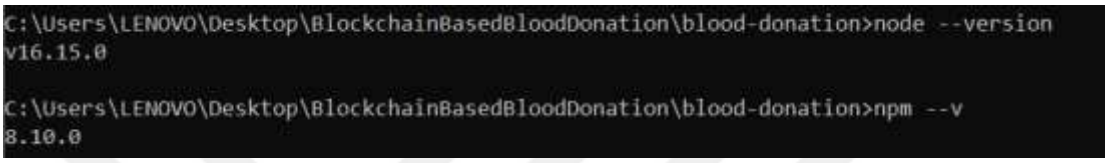
nakledilenKan(), hastaneye ulaşan kanın hastaya nakledilmesi ile ilgili işlemler bu algoritma ile sisteme tanımlanacaktır. Burada hastaneye ulaştırılan kanın miktarı, türü, kalitesi ile ilgili bilgiler tanımlanır. Kan bankasından gelen kanın, hastaya uygunluğu, yeterli olup olmadığı gibi bilgiler ve nakledildikten sonraki süreçte hastanın sağlık durumu ile ilgili bilgiler bu algoritma ile sisteme kaydedilir.

Bu algoritmalarda rol tabanlı yetkilendirme yapılacaktır. İşlemlerde yetkili çalışan belirlenecek ve işlemi sadece yetkili kişi gerçekleştirecektir. OpenZeppelin açık kaynak kütüphanesinin AccessControl bileşeni kullanılarak yetkilendirmeler yapılacaktır. OpenZeppelin kütüphanesi,

akıllı sözleşmelerde belirli işlemlerin yalnızca belirli kişiler tarafından yapılabilmesini sağlamaktadır.

4.2. Teknolojilerin Kurulumu

Blok zincir tabanlı kan bağış sistemi, Visual Studio ortamında dosyaların oluşturulması ile geliştirilmeye başlandı. İlk olarak gerekli sistemin gerektirdiği araçların ve kütüphanelerin kurulumları yapıldı. Kurulumu gerçekleştirilen npm ve node.js araçlarının bu çalışmada hangi versiyonlarının kullanıldığı Şekil 4.4.' de gösterilmektedir.

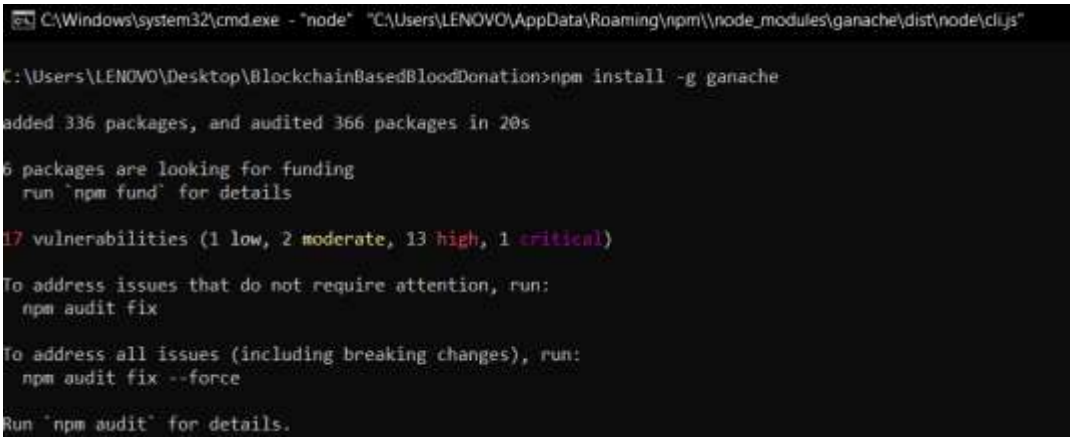


Şekil 4.4. Node ve npm araçlarının versiyonları

Daha sonra *"npm install –g truffle"* komutu ile Truffle aracı sisteme yüklenmiştir. Truffle, Ethereum üzerinden akıllı sözleşme geliştirmek için kullanılmaktadır. Akıllı sözleşmelerin geliştirilmesi, test edilmesi ve dağıtılması bu araç ile gerçekleştirilir. Bu sistem için kullanılan Truffle versiyonu da Şekil 4.5.' de gösterilmektedir.

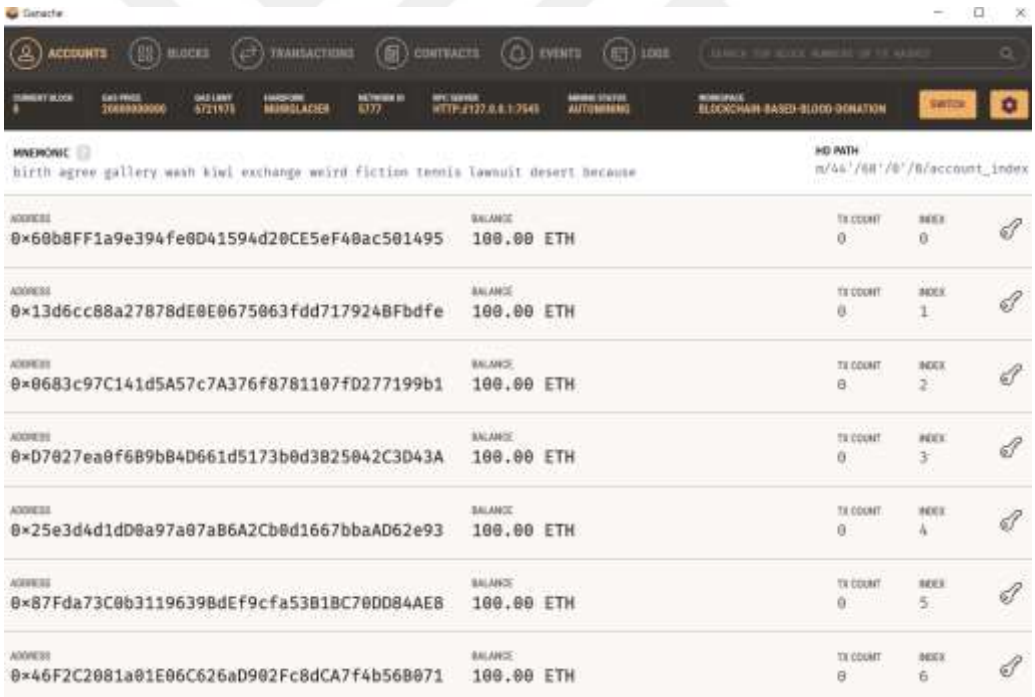
Şekil 4.5. Truffle aracının versiyonu

Ganache kurulumu da komut sistemi üzerinden *"npm install –g ganache"* kodu ile gerçekleştirilmiştir. Ganache, blok zincir projesi geliştirebilmek için yerel bir Ethereum ağı sağlamaktadır. Bu sayede yazılan akıllı sözleşme kodları hızlıca test edilebilmektedir. Şekil 4.6.' da bu kurulumun nasıl gerçekleştiği gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Ganache aracının kurulumu

Ganache kurulduktan sonra sistemimiz için yerel bir Ethereum ağı üzerinde çalışan bir hesap ve içerisinde ki bakiyeler Şekil 4.7.' de gösterilmektedir. Kullanıcıya bir ara yüz sunan Ganache üzerinden yapılan işlemler, hesaplar, bloklar ve bakiye durumu izlenebilmektedir.



Şekil 4.7. Yerel Ethereum ağı ve içerisindeki bakiyeler

4.3. Akıllı Sözleşmelerin Oluşturulması

Gerekli tüm araçlar yüklendikten sonra Visiual Studio üzerinden akıllı sözleşmeler yazıldı. Bağış ve nakil olmak üzere iki akıllı sözleşme Solidity dilinde yazıldı. Bağışçı kaydının oluşturulması, geçmiş sağlık bilgilerinin kaydedilmesi ve bağış sürecinin başlatılması işlemleri bağış akıllı sözleşmesi içerisindeki fonksiyonlar içerisine tanımlandı. Bağışçı verilerinin güvenli bir şekilde

saklanabilmesi için Keccak-256 hash algoritması kullanıldı. Bu akıllı sözleşme ile gerekli kişilerin yetkilendirilmesi de sağlandı.

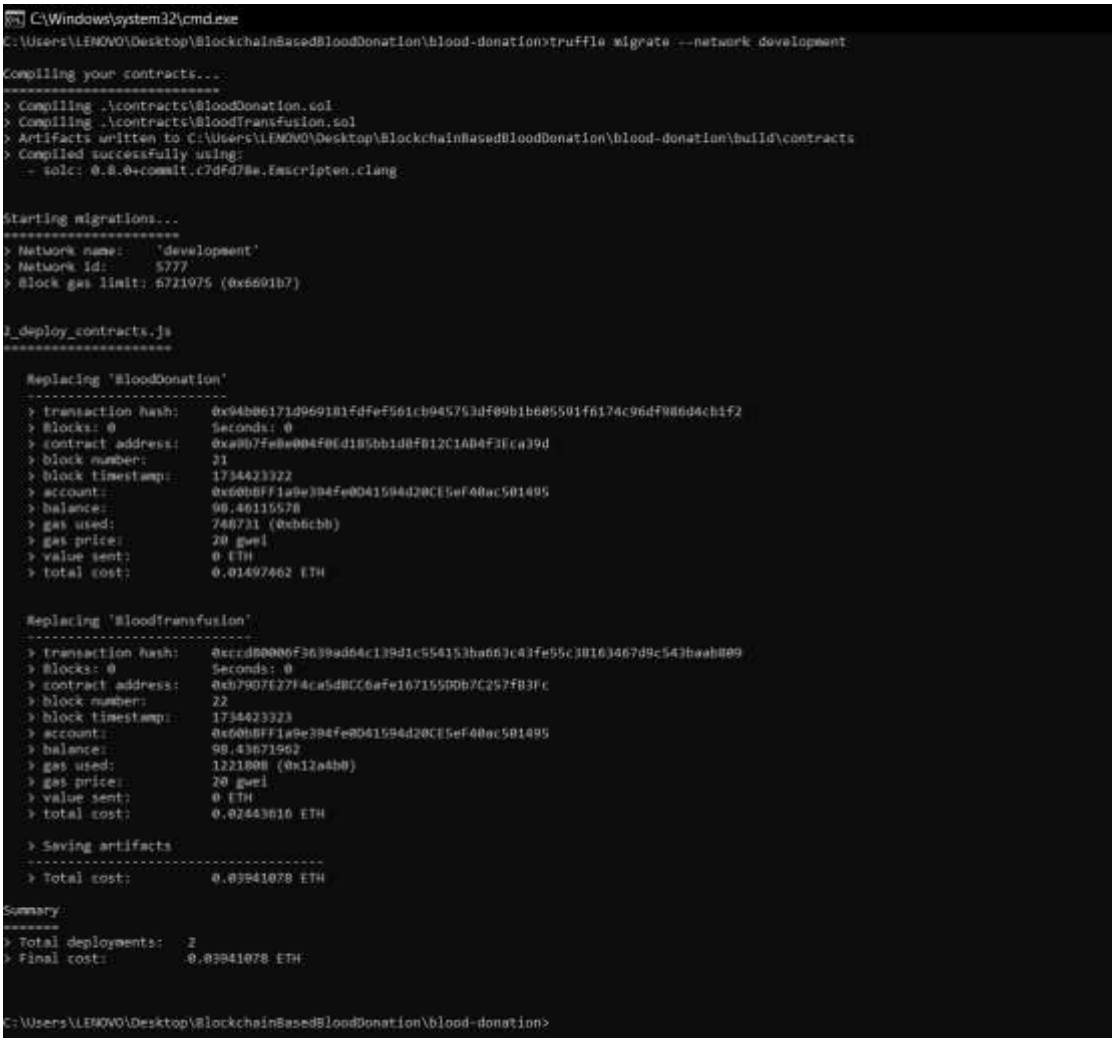
Nakil işlemi için oluşturulan akıllı sözleşme ise kanın depolanması, hasta için kan isteğinin oluşturulması, talep edilen kanın kan bankasındaki kan ile eşleştirilmesi ve onaylanması, onaylanan kanın ise hastaneye taşınarak hastaya nakledilmesi ile ilgili süreçleri yürütmektedir. Bu akıllı sözleşmede de Keccak-256 algoritması kullanılarak verilerin güvenliği sağlanmaktadır. Burada da doktor, kan bankası çalışanı, taşıyıcı gibi sürece dahil olan farklı kişiler yetkilendirilmiştir.

Şekil 4.8.' de oluşturulan akıllı sözleşmelerin komut sistemi üzerinden çalıştırıldığı gösterilmektedir. Bu komut, akıllı sözleşmeniyi derlemek için kullanılmaktadır. Bu çalışma için oluşturulan iki akıllı sözleşme de başarılı bir şekilde derlenmiştir.

Şekil 4.8. Akıllı sözleşmelerin çalıştırılması

Hatasız bir şekilde çalıştırılan akıllı sözleşmelerin blok zincir ağına dağıtılması için js uzantılı 2_deploy_contracts dosyası oluşturuldu. Bu dosya sayesinde akıllı sözleşmeler ve kullanılan parametreler doğru sırayla blok zincir ağına dağıtılmaktadır. Ganache yerel blok zincir ağı ile akıllı sözleşmelerin bağlantısı bu dosya içerisinde gerçekleştirilir. IP adresi, port numarası, network ID bilgisi ve kullanılacak gas ücret limiti burada tanımlanır.

Kod içerisinde gerekli tüm işlemler yapıldıktan sonra akıllı sözleşmelerin blok zincir ağına dağıtma işlemi Şekil 4.9.' daki gibi gerçekleştirilir. Oluşturulan akıllı sözleşmeleri dağıtmak için "truffle migrate" komutu çalıştırılır. Bu komut akıllı sözleşmelerin başarılı bir şekilde dağıtılmasını ve gerekli parametrelerin ayarlanmasını sağlamaktadır.



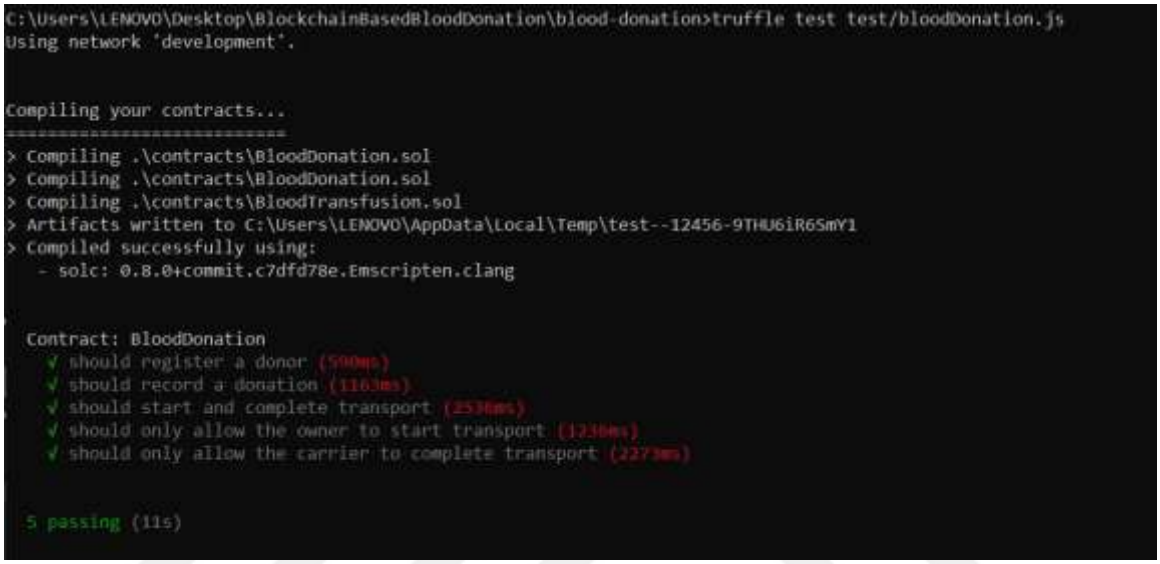
Şekil 4.9. Akıllı sözleşmelerin blok zincir ağına dağıtılması

4.4. Akıllı Sözleşmelerin Testi

Akıllı sözleşmelerin çalıştırılması ve dağıtılması başarılı bir şekilde yapıldıktan sonra ise Truffle ortamında testleri gerçekleştirildi. Truffle Assertion kütüphanesi Şekil 4.10.' da gösterildiği gibi projeye eklendi.

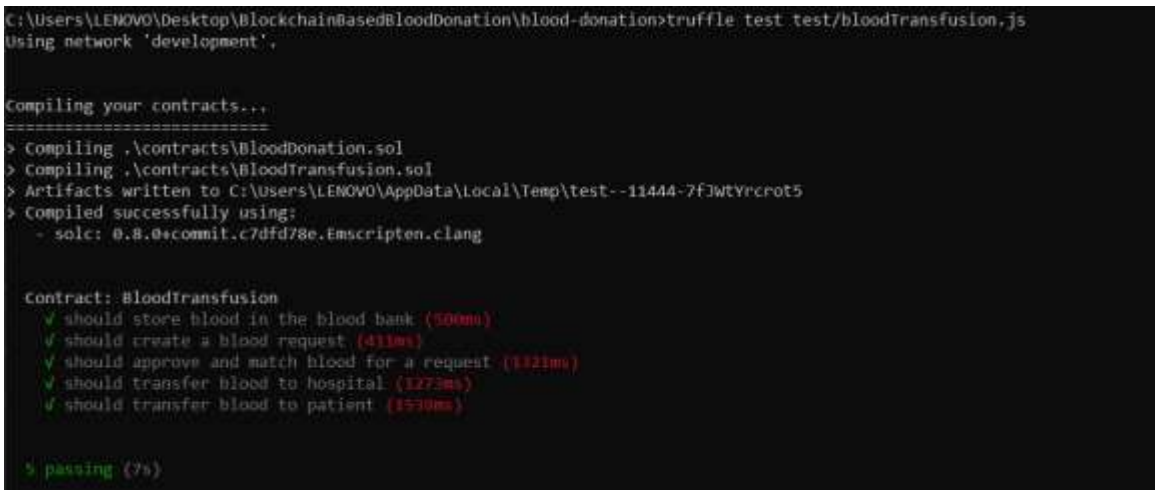
Şekil 4.10. Truffle Assertion kütüphanesinin yüklenmesi

Truffle Assertion, akıllı sözleşmelerin işlevselliğini test etmek ve doğrulamak için kullanılan kütüphanedir. İşlemlerin doğru bir şekilde gerçekleşmesi, işlemlerde kullanılan gas ücret limiti, işlemlerin başarılı ya da hatalı olma durumları bu testler ile kontrol edilmektedir.
Gerekli kütüphane projeye eklendikten sonra akıllı sözleşmede tanımlanan fonksiyonların işlevleri için test dosyaları yazıldı. Şekil 4.11.' de kan bağış akıllı sözleşmesinin test sonucu gösterilmektedir.



Şekil 4.11. Kan bağış akıllı sözleşmesinin testi

Bağış akıllı sözleşmesinin testinde, bağışçı kaydı, bağışın başlatılması ve bağışın transfer edilmesi işlemleri başarılı bir şekilde oluşturulmuş ve test sonucu olumlu olmuştur.
Şekil 4.12.' da kan nakil için oluşturulan akıllı sözleşmenin test sonucu gösterilmektedir.



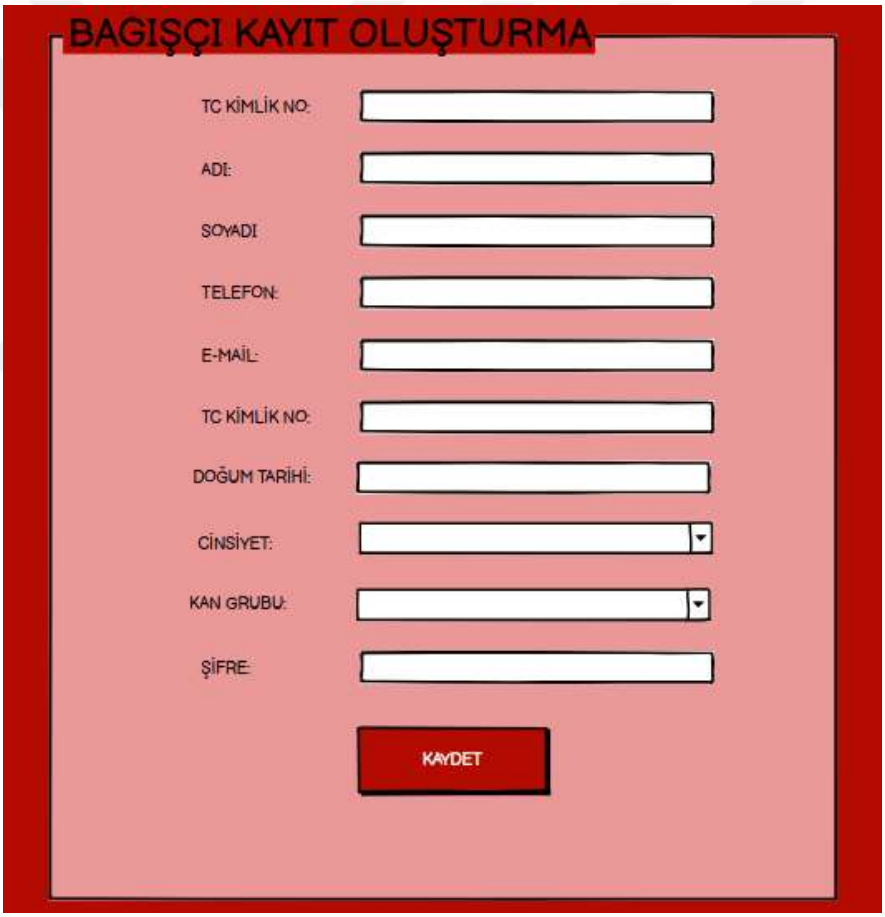
Şekil 4.12. Kan nakil akıllı sözleşmesinin testi

Kan nakil akıllı sözleşmesindeki, depolama, kan isteği ve istenilen kanın eşleştirilmesi, hastaneye taşınması ve hastaya nakledilmesi ile ilgili tüm fonksiyonlar başarılı bir şekilde test edilmiştir.

4.5. Kan Bağış Sistemindeki Kullanıcı Ekranları

Akıllı sözleşmeler başarılı bir şekilde oluşturulup test edildikten sonra kan bağış sistemi için gerekli bazı ekranlar oluşturuldu. Bazı temel ekranlar burada gösterilmektedir.

Şekil 4.13.' de bağışçı kaydının oluşturulmasını sağlayan ekran gösterilmektedir. bagisciKaydi() fonksiyonunun çalışması sonucu buradaki veriler kaydedilir. Buradan elde edilen veriler Keccak-256 algoritması kullanılarak kaydedilir. Burada bağışçı kaydının oluşturulması için yetki flebotomiste verilmiştir.

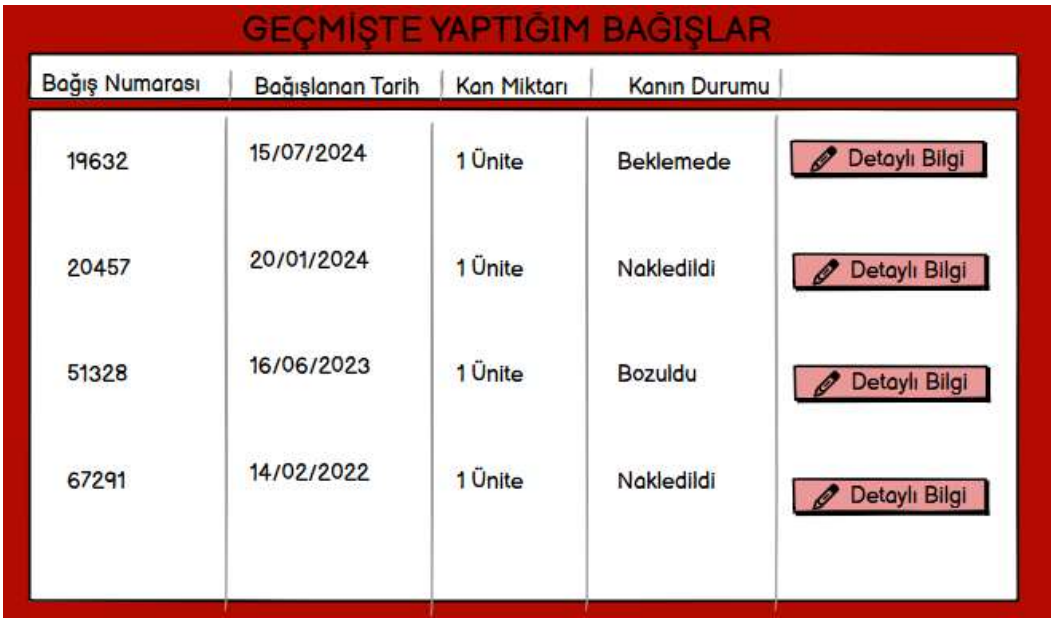


Şekil 4.13. Bağışçı kayıt oluşturma ekranı

Bağış akıllı sözleşmesi içerisinde olan bir diğer fonksiyon ise bağışçının geçmiş bilgilerini kaydeden saglikGeçmisi()' dir. Kan bağışı için önemli tüm bağışçı bilgilerinin güvenli bir şekilde kaydedilmesi sağlanır. Şekil 4.14. bağışçının geçmiş sağlık bilgilerinin kaydedileceği ekranı göstermektedir.

Şekil 4.14. Sağlık geçmişi kayıt ekranı

Kaydedilen bağışçının tüm bağış bilgilerini görebilmesi için ise bagisciBagislari() fonksiyonu çalıştırılır. Her yeni bağış yapıldığında bağışçının bağış listesi de güncellenmektedir. Geçmiş bağışların gösterildiği kullanıcı ekranı Şekil 4.15.' de gösterilmektedir.



Şekil 4.15. Bağışçının geçmiş kan bağışlarını gördüğü ekran

Bu ekranda bağışçının bağışladığı kanın kullanılıp kullanılmadığı bilgisini görebilmesi önerdiğimiz sistemin şeffaflığı açısından oldukça önemlidir. Detaylı Bilgi kısmı bağışçının bağışladığı kanın durumuna göre daha detaylı bir bilgi alabilmesine olanak sağlamaktadır. Nakil gerçekleşti ise

nakledilen hasta ile ilgili bilgiler, bozuldu ise bozulma sebebi ve beklemede ise saklandığı depo ile ilgili bilgileri içermektedir.

Nakil sözleşmesi içerisinde kanın depolanması, talep edilmesi, taşınması ve hastaya nakil edilmesi işlemleri yapılmaktadır.

Şekil 4.16.' de gösterilen ekranda ise kan bankasında bulunan tüm kanların listesi bulunmaktadır. Burada yetkilendirme işlemi yapılmayarak herkesin bu listeye şeffaf bir şekilde ulaşabilmesi sağlanmıştır. Böylece kan bankasında kanın varlığı ile ilgili manipülasyonların da önüne geçilecektir. Detay kısmında kanların miktarı, depoya getirildiği tarih, ve depo koşulları ile ilgili bilgiler gösterilmektedir.

Şekil 4.16. Kan bankasındaki mevcut kanların listesinin ekranı

Şekil 4.17.' de ise talep edilen kanlar ile ilgili liste bulunmaktadır. Burada çalışan fonksiyon içerisinde de yetkilendirme işlemi yapılmayarak herkesin acil kan taleplerini görmesi amaçlanmıştır. Bu sayede kan bulma süreci hızlandırılabilecektir.

Şekil 4.17. Acil talep edilen kan listesi için ekran

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Blok zincir teknolojisi, şeffaf ve güvenilir yapısının yanında denetlenebilirliği arttırmasıyla da ön plana çıkmış bir teknolojidir. Bu çalışmada blok zincir teknolojisi ile işlemlerin değiştirilemez bir şekilde kaydedilerek sistem üzerinden veri ve işlem manipülasyonların engellenmesi de hedeflenmiştir. Blok zincir tabanlı kan bağış sisteminin sağlık alanında şeffaflık ve güvenliği nasıl etkileyeceği aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

1. Blok zincir teknolojisi, verilerin değiştirilemez ve güvenli bir şekilde saklanmasını sağlayarak hasta bilgileri gibi hassas sağlık verilerinin korunmasında önemli bir rol oynar.
2. İşlemlerin kriptografik olarak doğrulanması ile veriler korunur ve yetkisiz erişimlere engel olunur.
3. Şeffaf yapısı sayesinde bağışçıdan alınan kanın hastaya ulaşana kadar geçtiği aşamalar kullanıcılar tarafından gerçek zamanlı olarak takip edilebilir. Bağışçıların, bağışladıkları kanın ne zaman, nerede kullanıldığını görebilmesi sayesinde sisteme güvenir.
4. Tüm işlemler blok zincirine kaydedilir ve kayıtlar değiştirilemez böylece süreç şeffaf bir şekilde denetlenebilir. Ayrıca kan ile ilgili tüm işlemlerin kaydedilerek doğrulanması sahte bağış ve yanlış veri girişlerini engeller.
5. Merkezi bir onaya ihtiyaç duyulmadan akıllı sözleşmeler aracılığıyla otomatikleştirilen süreçte hastane ile kan bankaları arasında direkt bir iletişim sağlanır. Bu iletişimin şeffaf bir şekilde blok zincirine kaydedilmesi güvenilir bir iletişim ağı kurulmasına yardımcı olur.
6. Hastaya en uygun kanın ile bağışlanan kan, akıllı sözleşmelerin yardımıyla, hızlı bir şekilde eşleştirilir. Otomatikleşen işlemler sayesinde süreç daha hızlı bir şekilde ilerler, kana ulaşmak kolaylaşır ve süreç içerisinde hata yapılma oranı düşer.

Blok zincir teknolojisi ile güvenilir bir sistemin oluşturulması hastaneler arası iletişimi arttırarak kana ulaşım sürecini hızlandırır. Ve sağlık sistemleri arasında bir güven ortamı kurulmasını sağlar.

Önerdiğimiz blok zincir tabanlı sistemin sağlık alanında sürdürülebilirliğe önemli katkıları olacaktır. Bu sistemin, çevresel, ekonomik ve sosyal sürdürülebilirliğe etkileri aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

1. Tam bir dijitalleşme sağlanarak kayıtların kağıt ile alınmasının önüne geçilmesi ile karbon ayak izi azaltılacak ve yıllık kesilen ağaç oranı azaltılacaktır.
2. Akıllı sözleşmelerin kullanımı ile otomatik bir şekilde gerçekleştirilen işlemlerde insan kaynaklı hatalar engellenerek eşleştirme süreçleri daha verimli ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilecektir. Ayrıca bu eşleştirmelerin tamamen dijital bir şekilde gerçekleştirilmesi yanlış kan paylaşımının önüne geçerek kan israfını azaltabilir.

3. Kan bağış sürecinin daha iyi bir şekilde yönetilmesi ve depolardaki kanların düzenli bir şekilde denetlenmesi atık kan oranının azaltılmasını sağlayacaktır.
4. Kan bağış sürecinin şeffaf bir şekilde izlenebilmesi sektördeki sahteciliğin önüne geçerek, bağışçı ve sistem arasındaki güveni tesis edecektir. Bu durum bağışçı sayısını ve düzenli bağış yapma alışkanlığını artırarak bağışlanan kanın da daha verimli kullanılmasını sağlayacaktır.

Blok zincir tabanlı kan bağış sistemleri, kaynak kullanımını optimize etmesi, israfı önlemesi ve lojistik süreçleri geliştirmesi ile sürdürülebilirliğe çok önemli katkı sağlamaktadır. Çevresel sürdürülebilirliğin önemini daha iyi anladığımız bu süreçte kullanılan sistemlerin de buna uygun bir şekilde tasarlanması zorunlu bir hale gelmiştir. Blok zincir teknolojisinin sürekli güncellenerek daha çevre dostu bir yapı elde etme çabası, sağlık sektöründeki sürdürülebilirliği sağlayabilmek adına faydalanılması gereken yenilikçi ve verimli bir teknoloji olduğunu göstermektedir.

Blok zincir teknolojisinin sisteme entegre edilmesinin bir de maliyet kısmı bulunmaktadır. Kan eşleştirme sürecinin hatasız ve otomatik bir şekilde gerçekleştirilmesi ile lojistik maliyette bir azalma görülebilir. Lojistik maliyetler, taşıma, depolama ve kanın eşleştirilmesi ile ilgili maliyetleri kapsamaktadır. Örneğin hastaneye en yakın kan bankasından nakil yapılması ile taşıma maliyeti düşürülebilir. Akıllı sözleşmeler aracılığıyla en yakın ve en uygun kan bankası ile iletişime geçilerek eşleştirme yapılır.

Bağışların şeffaf bir süreç içerisinde nakledilmesi sayesinde yanlış yönlendirmeler ve talep edilen kana uygun olmayan bağışların taşınması engellenerek kan israfı önlenebilir. Kan israfının engellenmesi kan maliyeti açısından oldukça önemli bir yere sahiptir.

Ancak ilk aşamada, teknolojik altyapının oluşturulması, akıllı sözleşmelerin yazılması ve test edilmesi yüksek maliyetlere yol açabilir. Yeni bir teknolojik altyapı ile yeni bir sistem oluşturmak, kullanıcılar için eğitimi de zorunlu bir hale getirir. Yani başlangıçta bazı zorluklara sebep olsa da uzun vadede bu sistemin maliyeti olumlu etkilemesi beklenmektedir.

Blok zincir tabanlı kan bağış sisteminin, güvenlik, şeffaflık, sürdürülebilirlik, maliyet alanlarında çeşitli avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Tablo 5.1.' de bu teknolojinin kan bağış sisteminde kullanılması ile meydana gelecek avantajlarından bahsedilmektedir.

Tablo 5.1. Blok zincir tabanlı kan bağış sisteminin avantajları

	Avantajları
Şeffaflık	İşlemlerin herkes tarafından izlenebilmesini sağlar ve süreç içerisinde yanlış bilgilendirmenin önüne geçer. Bağışçının süreci takip etmesini sağlayarak düzenli bir şekilde bağış yapmasını teşvik eder.
Güvenlik	İşlemler güçlü şifreleme algoritmaları ile korunur ve yetkilendirme sayesinde yalnızca belirli kişilerin işlemlere erişebilmesi sağlanır.
Merkeziyetsizlik	Sistemin merkeziyetsiz olması sayesinde süreç hızlanır ve bir kişinin sistemi kötüye kullanması engellenir.
Değiştirilemezlik	Blok zincirine kaydedilen verilerin değiştirilemez olması veri güvenliğini arttıran bir unsurdur.
Sürecin Otomatikleşmesi	Akıllı sözleşmeler sayesinde işlemler otomatik bir şekilde yürütülür. Bu durum süreci hızlandırırken insan kaynaklı hataların meydana gelmesini de engeller.
Sürdürülebilirlik	Kan israfının azaltılması, sistemin dijitalleşerek kağıt kullanımından uzak olması, taşıma ve depolama maliyetlerinin azaltılması çevresel sürdürülebilirliği destekler.

Tablo 5.2.' de ise blok zincir tabanlı kan bağış sisteminin dezavantajlarından bahsedilmektedir. Bu sistemin şeffaflık, güvenlik, sürdürülebilirlik ve değiştirilemezlik gibi bir çok avantajının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır.

Tablo 5.2. Blok zincir tabanlı kan bağış sisteminin dezavantajları

	Dezavantajları
Yüksek Maliyeti	Başlangıç aşamasında teknolojik altyapının oluşturulması yüksek maliyetlere sebep olabilir.
Adaptasyon	İlk aşamada hem çalışanların hem de bağışçıların sisteme alışması, özellikle çalışanların sistem ile ilgili bir eğitim sürecinden geçmesi gerekmektedir.
Teknolojik Bağımlılık	Tamamen dijitalleştirilmiş bir sistemde teknik sorunların meydana gelmesi, sürecin yavaşlamasına veya duraksamasına sebep olabilir.
Veri gizliliği	Sağlık alanı içerisinde hassas verileri barındırmaktadır. Bu yüzden gizlilik önlemlerinin alınması ve hiçbir hata yapılmaması gereklidir.

Blok zincir tabanlı kan bağış sistemi yenilikçi bir teknoloji kullanması, şeffaflık ve güvenliği ön planda tutması, sürdürülebilirlik için olumlu etkilere sebep olması ile gelecek projeler için önemli bir alt yapı sunacaktır. Sağlık sektöründe, elektronik kayıt sistemleri, organ ve ilik bağış sistemleri, ilaç takibi gibi birçok alanda blok zincir teknolojisinin araştırılmasını sağlayacaktır. Bu süreçlerin şeffaf ve merkeziyetsiz bir yapıya dönüşmesi kişilerin sağlık kuruluşlarına güvenini sağlamlaştıracaktır.

Bu tez çalışması ülkemizde blok zincir alanında daha fazla akademik çalışma yapılmasının da önünü açacaktır.

6. SONUÇLAR

Blok zincir tabanlı kan bağış sistemi, kan bağış ve nakil sürecindeki sorunları blok zincir temelli bir sistem oluşturarak gidermeyi hedeflemektedir. Kan bağış süreci, hasta ve bağışçıların kişisel verilerinin işlendiği yüksek güvenlikli bir sisteme ihtiyaç duymaktadır. Veri gizliliğinin sağlandığı kan bağış sistemi aynı zamanda kullanıcısına süreci şeffaf bir şekilde takip edebilme imkânı da sunmalıdır. Bu tezde önerilen sistem, Ethereum ağı üzerinde akıllı sözleşmeleri kullanarak geliştirilmiştir. Bu sistem, merkezi bir onaya ihtiyaç olmaksızın sürecin şeffaf ve güvenilir bir şekilde takip edilebilmesini mümkün kılmaktadır.

Bu sistem, bağışlanan kanın hastaya nakledilmesine kadar geçirdiği işlemleri güvenli bir şekilde kaydetmektedir. Akıllı sözleşmeler aracılığıyla otomatikleşen süreç ise işlemlerin daha hızlı gerçekleşmesini ve insan kaynaklı hataların azaltılmasını sağlamaktadır. Takip edilebilir bir sistem olmasının yanında kullanılan şifreleme algoritmaları sayesinde veriler dağıtılmış defterde güvenli bir şekilde saklanmaktadır. Sağlık alanında ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirliği destekleyen bu çalışma, kaynakların verimli kullanılmasına ve israfın azaltılmasına da katkı sağlamaktadır.

Önerilen sistem, kan bağış sürecinin yönetiminde şeffaflık ve güvenlik sağlamaktadır. Bu çalışma, kan bağış süreçlerinin dijital dönüşümüne yönelik önemli bir adımdır. Sağlık sektöründe başka alanlarda da bu dijital dönüşümün gerçekleştirilebileceğini gösteren bu çalışma, sağlık alanındaki sürdürülebilirlik için de önemlidir.

KAYNAKLAR

[1] M. Sönmezoğlu, Türkiye' de Her Yıl Yaklaşık 3 Milyon Hasta Kan Transfüzyonuna İhtiyaç Duyuyor, Yeditepe Üniversitesi, 27 05 2020. [Çevrimiçi]. Available: http://www.yeditepehastanesi.com.tr/turkiyede-her-yil-yaklasik-3-milyon-hasta-kan-transfuzyonuna-ihtiyac-duyuyor. [Erişildi: 16 12 2022].

[2] Türk Kızılay, Türk Kızılay'a İlk 6 Ayda 1.373.168 Ünite Kan Bağışı, Türk Kızılay, 05 07 2024. [Çevrimiçi]. Available: https://www.kizilay.org.tr/Haber/KurumsalHaberDetay/7776#:~:text=05%2F07%2F2024,168%20%C3%BCnite%20kan%20ba%C4%9F%C4%B1%C5%9F%C4%B1%20yap%C4%B1ld%C4%B1. [Erişildi: 20 10 2024].

[3] World Health Organization, Blood safety and availability, World Health Organization, 02 06 2023. [Çevrimiçi]. Available: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blood-safety-and-availability. [Erişildi: 02 11 2024].

[4] T. Hannon, Waste not, want not, *American Journal of Clinical Pathology*, cilt 3, no. 143, pp. 318-319, 2015.

[5] S. Nakamoto, Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system, *Decentralized Business Review*, 2008.

[6] V. Buterin, Ethereum white paper, 2013. [Çevrimiçi]. Available: https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper. [Erişildi: 14 11 2022].

[7] A. Sevinç ve F. Özyurt, Blockchain-Based Electronic Voting System, *Int. J. Advanced Networking and Applications*, cilt 03, no. 15, pp. 5978-5982., 2023.

[8] V. Pashkov ve O. Soloviov, Legal implementation of blockchain technology in pharmacy, *In SHS Web of Conferences*, 2019.

[9] L. A. Dajim, S. A. Al-Farras, B. S. Al-Shahrani, A. A. Al-Zuraib ve R. M. Mathew, Organ donation decentralized application using blockchain technology, *In 2019 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS)*, 2019.

[10] D. Dujak ve D. Sajter, Blockchain applications in supply chain, *In SMART supply network*, pp. 21-46, 2019.

[11] M. Yavari, M. Safkhani, S. Kumari, S. Kumar ve C. M. Chen, An improved blockchain-based authentication protocol for iot network management, *Security and Communication Networks*, 2020.

[12] Y. Xu, X. Li, J. Cao ve W. Jiang, Application of blockchain technology in food safety control: current trends and future prospects, *Critical reviews in food science and nutrition*, pp. 2800-2819, 2022.

[13] J. D. Srivasta N. Kumar ve H. Bisht, Blockchain for loyalty rewards program management, *Amity University,* 2019.

[14] A. Sood ve R. Simon, Implementation of blockchain in cross border money transfer, *In 2019 4th international conference on information systems and computer networks (ISCON)*, 2019.

[15] J. Bresnick, Exploring the Use of Blockchain for EHRs, Healthcare Big Data, Itanalytics, 2017. [Çevrimiçi]. Available: https://healthitanalytics.com/features/exploring-the-use-of-blockchain-for-ehrs-healthcare-big-data. [Erişildi: 9 11 2022].

[16] W. J. Gordon ve C. Catalini, Blockchain technology for healthcare: facilitating the transition to patient-driven interoperability, *Computational and structural biotechnology journal,* cilt 16, pp. 224-230, 2018.

[17] F. Jamil, L. Hang, K.H. Kim ve D.H. Kim, A novel medical blockchain model for drug supply chain integrity management in a smart hospital, *Electronics*, cilt 5, no. 8, p. 505, 2019.

[18] K. Toyoda, P.T. Mathiopoulos, I. Sasase ve T. Ohtsuki, A novel blockchain-based product ownership management system (POMS) for anti-counterfeits in the post supply chain, *IEEE access,* cilt 5, pp. 17465-17477, 2017.

[19] S. Kim, J. Kim ve D. Kim, Implementation of a blood cold chain system using blockchain technology, *Applied Sciences*, cilt 9, no. 10, p. 3330, 2020.

[20] S. Sadri, A. Shahzad ve K. Zhang, Blockchain traceability in healthcare: Blood donation supply chain, *In 2021 23rd International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, 2021.

[21] D. Aljuhani, L. Alabdulwahb, S. Alsaleh, S. Altalhi ve M. Alabdulhafith, Blockchain-Based Blood Donation System: Enhancing Traceability in Blood Supply Chain Management, %1 içinde *In CS & IT Conference Proceedings*, 2024.

[22] M. Malhotra, P. Mukherjee, M. Aich ve S. Chhawan, Blockchain-Driven Blood Donation: Overcoming Challenges and Building Trust in Healthcare, *In 2024 International Conference on Advancements in Smart, Secure and Intelligent Computing (ASSIC),* pp. 1-6, 2024.

[23] N. Suvarna, A. Agarwal, A.M. Jain, S.N. Rathod ve S.P. Shah, Blood Management System Using Blockchain, *Mapana Journal of Sciences,* cilt 2, no. 22, pp. 349-361, 2023.

[24] T. Nazir, R.H. Ahmed, M. Hussain ve S. Zahid, Transforming Blood Donation Processes with Blockchain and IoT Integration: A augmented Approach to Secure and Efficient Healthcare Practices, *In 2023 International Conference on IT and Industrial Technologies (ICIT)* , 2023.

[25] C. Mulligan, S. Morsfield ve E. Cheikosman, Blockchain for sustainability: A systematic literature review for policy impact., *Telecommunications Policy,* cilt 2, no. 48, p. 102676, 2024.

[26] F. Dal Mas, M. Massaro, V. Ndou ve E. Raguseo, Blockchain technologies for sustainability in the agrifood sector: A literature review of academic research and business perspectives., *Technological Forecasting and Social Change,* no. 187, p. 122155, 2023 .

[27] S. Haber, W. S. Stornetta, How to time-stamp a digital document, *Springer Berlin Heidelberg,* 1991.

[28] A. Clim, R.D. Zota ve G. Tinica, Big Data in home healthcare: A new frontier in personalized medicine. Medical emergency services and prediction of hypertension risks, *International Journal of Healthcare Management,* pp. 241-249, 2019.

ÖZGEÇMİŞ

Arzu SEVİNÇ

[redacted]

AKADEMİK FAALİYETLER

Makaleler:

1. A. Sevinç, F. Özyurt, "Classification Of Recyclable Waste Using Deep Learning Architectures", *Firat University Journal of Experimental Computational Engineering*, 2022
2. A. Sevinç, F. Özyurt, "Beton Yüzey Çatlaklarının Tespitinde Derin Öğrenme Mimarilerin Kullanılması" , *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 2022
3. A. Sevinç, F. Özyurt, "Blockchain-Based Electronic Voting System" , *Int. J. Advanced Networking and Applications*, 2023
4. A. Sevinç, F. Özyurt, "A Blockchain-Based Blood Donation System: Enhancing Transparency, Accountability, and Sustainability in Healthcare" , *Healthcraft Front*, 2024

Bildiriler:

1. A. Sevinç, F. Özyurt, "Investıgatıon Of Electrocardiography Sıgnals Usıng Basıc Pre-Processıng Technıques" , *TASHKENT Ist-International Congress on Modern Sciences*, 2022