T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANA BİLİM DALI

BLOKZİNCİR UYGULAMARINDA BAŞARISIZLIK NEDENLERİNİN BİBLİYOMETRİK ANALİZ İLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muzaffer ŞENLİK

BURSA - 2024

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANA BİLİM DALI

BLOKZİNCİR UYGULAMARINDA BAŞARISIZLIK NEDENLERİNİN BİBLİYOMETRİK ANALİZ İLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muzaffer ŞENLİK

Danışman:
Doç. Dr. Melih ENGİN

BURSA - 2024

TEZ ONAY SAYFASI

T. C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim, Bilişim Sistemleri Bilim Dalı'nda 702134002 numaralı Muzaffer Şenlik'in hazırladığı "Blokzincir Uygulamalarında Başarısızlık Nedenlerinin Bibliyometrik Analiz İle İncelenmesi" konulu Yüksek Lisans Tezi ile ilgili tez savunma sınavı, .../...../ 20.... günü …… - ……..saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin/çalışmasının ……..….. (başarılı / başarısız) olduğuna …… (oybirliği / oy çokluğu) ile karar verilmiştir.

Üye (Tez Danışmanı ve Sınav Komisyonu Başkanı)
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

Üye
Akademik Unvanı, Adı Soyadı
Üniversitesi

...../...../ 20.....

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS/DOKTORA İNTİHAL YAZILIM RAPORU

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 28/06/2024

Tez Başlığı / Konusu: BLOKZİNCİR UYGULAMALARINDA BAŞARISIZLIK NEDENLERİNİN BİBLİYOMETRİK ANALİZ İLE İNCELENMESİ
Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam X+60 sayfalık kısmına ilişkin, 27/06/2024 tarihinde şahsım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan özgünlük raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 12 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:
1- Kaynakça hariç
2- Alıntılar hariç/dahil
3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Bursa Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Çalışması Özgünlük Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.
Gereğini saygılarımla arz ederim. 30.06.2024

Adı Soyadı:	Muzaffer ŞENLİK
Öğrenci No:	702134002
Anabilim Dalı:	Yönetim Bilişim Sistemleri
Programı:	
Statüsü:	☒ Y.Lisans ☐ Doktora

Danışman:
Doç. Dr. Melih ENGİN

*** Turnitin programına Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphane web sayfasından ulaşılabilir.**

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum "BLOKZİNCİR UYGULAMALARINDA BAŞARISIZLIK NEDENLERİNİN BİBLİYOMETRİK ANALİZ İLE İNCELENMESİ" başlıklı çalışmanın bilimsel araştırma, yazma ve etik kurallarına uygun olarak tarafımdan yazıldığına ve tezde yapılan bütün alıntıların kaynaklarının usulüne uygun olarak gösterildiğine, tezimde intihal ürünü cümle veya paragraflar bulunmadığına şerefim üzerine yemin ederim.

30.07.2024

Adı Soyadı	**: Muzaffer Şenlik**
Öğrenci No	**: 702134002**
Anabilim Dalı	**: Yönetim Bilişim Sistemleri**
Programı	**: Tezli Yüksek Lisans**
Statüsü	**:** ☒ Yüksek Lisans Doktora

ÖZET

Yazar Adı ve Soyadı : **Muzaffer ŞENLİK**
Üniversite : **Bursa Uludağ Üniversitesi**
Enstitüsü : **Sosyal Bilimler Enstitüsü**
Anabilim Dalı : **Yönetim Bilişim Sistemleri Anabilim Dalı**
Tezin Niteliği : **Yüksek Lisans Tezi**
Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Melih ENGİN**

BLOKZİNCİR UYGULAMALARINDA BAŞARISIZLIK NEDENLERİNİN BİBLİYOMETRİK ANALİZ İLE İNCELENMESİ

Blokzincir teknolojisi, merkezi olmayan, güvenli ve şeffaf veri yönetim sistemleri sunarak finans, sağlık, tedarik zinciri yönetimi, gayrimenkul ve daha birçok sektörde kullanılmaktadır. 2008 yılında Bitcoin ile tanıtılan bu teknoloji, kripto para birimlerinin yanı sıra akıllı sözleşmeler ve çeşitli veri izleme uygulamalarıyla da dikkat çekmektedir. Blokzincir, merkezi olmayan yapısı ve yüksek güvenlik özellikleriyle geleneksel sistemlere alternatif sunmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı, blokzincir uygulamalarında karşılaşılan başarısızlıkların nedenlerini bibliyometrik analiz yöntemiyle incelemektir. Çalışma, mevcut literatürü tarayarak ve analiz ederek, blokzincir teknolojilerinin hangi koşullarda ve neden başarısız olduğunu ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu analiz sayesinde, blokzincir teknolojisinin uygulanması sürecinde karşılaşılan zorluklar ve engeller daha iyi anlaşılacak ve gelecekteki blokzincir uygulamaları için yol gösterici bilgiler sunulması hedeflenmektedir.

Bu çalışmada, Scopus veri tabanından blokzincir ve başarısızlık gibi kavramlar aratılarak 2779 belgeli bir veri seti elde edilmiştir. Elde edilen veriler bibliyometrik analiz aracı olan Biblioshiny kullanılarak analiz edilmiştir. Bu yöntem, araştırma konusuna ilişkin yayınların sayısı, atıf sıklığı, yazarların ülkeleri gibi nicel verileri ortaya koyarak kapsamlı bir istatistiksel bakış açısı sunmaktadır. Elde edilen verilerin analizi ve görselleştirilmesi için R programlama dilinin bibliometrix kütüphanesinden yararlanılmıştır.

Sonuçlar, blokzincir teknolojisinin ölçeklenebilirlik sorunları, blokzincir platformlarının birbiriyle uyumsuzluğu, ağ güvenliği endişeleri, kullanıcı deneyimindeki eksiklikler, yetersiz gerçek dünya testleri ve hukuki belirsizlikler gibi konuların bu teknolojinin uygulanmasını zorlaştırdığını göstermektedir. Ölçeklenebilirlik sorunları, işlem kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle ağ tıkanıklığı ve gecikmelere yol açmaktadır. Blokzincir platformlarının birbirleriyle uyumsuzluğu, farklı standartlar ve protokoller kullanılması nedeniyle veri ve işlem entegrasyonunu zorlaştırmaktadır. Ağ güvenliği, merkezi olmayan yapının getirdiği avantajlarla birlikte, kötü niyetli saldırılara karşı hassasiyet göstermektedir. Kullanıcı deneyimi ise, teknolojinin karmaşıklığı ve kullanıcı dostu olmayan arayüzler nedeniyle olumsuz etkilenmektedir. Ayrıca, yetersiz gerçek dünya testleri, teknolojinin güvenilirliğini ve etkinliğini sorgulayan sonuçlara yol açmaktadır. Hukuki belirsizlikler ise yasal düzenlemelerin eksikliği ve ülkelerin tutumları nedeniyle blokzincir uygulamalarının geliştirilmesini zorlaştırmaktadır.

Anahtar Kelimeler:
Blokzincir, Başarısızlık, Ağ güvenliği, Ölçeklenebilirlik, Hukuki Belirsizlikler, Kullanıcı Deneyimi

ABSTRACT

Name and Surname : **Muzaffer ŞENLİK**
University : **Bursa Uludag University**
Institution : **Social Science Institution**
Field : **Department of Management Information Systems**
Degree Awarded : **Master**
Supervisor : **Doc. Dr. Melih ENGİN**

INVESTIGATION OF THE REASONS FOR FAILURE IN BLOCKCHAIN APPLICATIONS WITH BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Blockchain technology, which was first introduced with Bitcoin in 2008, offers decentralised, secure and transparent data management systems. It is currently being used across a number of different sectors, including finance, healthcare, supply chain management and real estate. This technology has attracted attention not only with regard to cryptocurrencies but also with respect to smart contracts and a variety of data tracking applications. The decentralised structure and high security features of blockchain technology offer an alternative to traditional systems.

The objective of this thesis is to examine the reasons for the failure of blockchain applications through the use of bibliometric analysis. The objective of this study is to identify the conditions and reasons under which blockchain technologies fail by conducting a comprehensive review and analysis of the existing literature. This analysis will facilitate a more comprehensive understanding of the challenges and barriers encountered during the implementation of blockchain technology, thereby providing guidance for future blockchain applications.

In this study, a dataset of 2779 documents was obtained by searching for concepts such as blockchain and failure in the Scopus database. The data was then analysed using Biblioshiny, a bibliometric analysis tool. This method provides a comprehensive statistical perspective by revealing quantitative data such as the number of publications, citation frequency, and the countries of the authors related to the research topic. The analysis and visualisation of the obtained data were then performed using the bibliometrix package in the R programming language.

The results demonstrate that a number of factors present significant challenges to the implementation of this technology. These include issues related to scalability, interoperability between blockchain platforms, network security concerns, deficiencies in user experience, insufficient real-world testing, and legal uncertainties. The issue of scalability gives rise to concerns regarding congestion and delays within the network, which can be attributed to limitations in transaction capacity. The utilisation of disparate standards and protocols gives rise to interoperability issues, which in turn render the integration of data and transactions a challenging endeavour. Despite the advantages offered by the decentralised structure, the network remains vulnerable to malicious attacks. The user experience is adversely affected by the complexity of the technology and the lack of user-friendly interfaces. Furthermore, the lack of sufficient real-world testing raises doubts about the reliability and efficacy of the technology. The lack of regulatory frameworks and the varying stances of countries present legal uncertainties that hinder the development of blockchain applications.

Key words:
Blockchain, Failure, Network Security, Scalability, Legal Uncertainties, User Experience

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

GİRİŞ

Gelişen teknolojinin önemli öğelerinden biri olan blokzincir teknolojisi, her geçen gün daha fazla dikkat çekmektedir. Son on yılda belirgin bir şekilde gelişen ve önümüzdeki yıllarda kullanım alanları ve boyutları hızla artması beklenen en önemli dijital teknolojilerden biridir. Blokzincir teknolojisi bir para birimi olarak 2008'de Satoshi Nakamoto tarafından "Bitcoin: Eşten Eşe Elektronik Nakit Ödeme Sistemi" adlı makalesiyle hayatımıza girmiştir. Bu yeni teknoloji, kayıtların merkezi bir veri tabanı yerine dağıtık bir veri tabanında çok sayıda ağ katılımcısı tarafından tutulmasıyla karakterizedir. Bu veri tabanı, kayıtların çok sayıda kopyasıyla güçlendirilir ve sıkı bir şekilde şifrelenir. Kayıtlar, üretildikleri zamana özel olarak etiketlenir ve sonradan geriye dönük olarak değiştirilemezler. Ayrıca, her yeni işlem, birçok katılımcı tarafından doğrulanır ve aracılara ihtiyaç duyulmadan otonom bir şekilde gerçekleşir (Nakamoto, 2008). Bu bağlamda blokzincir teknolojisi, özelliklerinin verimli şekilde kullanılabileceği birçok sektör karşımıza çıkmaktadır.

Blokzincir teknolojisi, çeşitli sektörlerde kullanımı giderek artan bir yenilikçi araç olarak dikkat çekmektedir. Finansal hizmetler alanında, özellikle kripto para birimleri ve akıllı sözleşmeler aracılığıyla blokzincir teknolojisi, geleneksel bankacılık sistemlerine alternatif bir yapı sunarak, finansal işlemleri daha hızlı ve maliyet açısından daha verimli hale getirmektedir. Aynı zamanda, tedarik zinciri yönetiminde blokzincir teknolojisi, ürünlerin kaynağını takip etme, sahteciliği önleme ve tedarik zinciri süreçlerini daha şeffaf hale getirme potansiyeline sahiptir. Sağlık sektöründe ise blokzincir teknolojisi, hasta verilerinin güvenli bir şekilde saklanması ve paylaşılmasını sağlayarak, tıbbi verilerin doğruluğunu ve bütünlüğünü artırırken hasta mahremiyetini de korur. Gayrimenkul sektöründe blokzincir teknolojisinin kullanımı, gayrimenkul alım satım süreçlerini daha şeffaf ve güvenilir hale getirerek gayrimenkul işlemlerindeki aracıları azaltabilir ve mülk sahipliği belgelerinin takibini kolaylaştırabilir. Bu uygulamalar blokzincir teknolojisinin çeşitli sektörlerdeki potansiyelini ve önemini vurgularken gelecekteki benimsenme ve genişleme süreçlerinin yolunu açmaktadır.

Blokzincir teknolojisi, günümüzde hızla gelişen diğer teknolojik alanlarla sıkı bir şekilde entegre olmaktadır. Özellikle, Web 3.0'un yükselişiyle birlikte, blokzincir daha da önem kazanmıştır. Web 3.0, kullanıcıların verilerini daha güvenli, şeffaf ve kullanıcı odaklı bir şekilde yönetmelerini sağlayan merkezi olmayan bir internet vizyonudur. Blokzincir bu vizyonun temelini oluşturarak kullanıcıların dijital kimliklerini korumasına, veri güvenliğini sağlamasına ve kişisel verilerini izleme ve kontrol etme yeteneğini artırmasına olanak tanır. Ayrıca nesnelerin interneti (IoT) ile birleştirildiğinde, blokzincir, makineler arası güvenli veri paylaşımını kolaylaştırır ve IoT cihazlarının güvenliğini artırır. IoT cihazları arasında gerçek zamanlı veri alışverişi yapılmasıyla, blokzincir ağları, üretim, lojistik ve tedarik zinciri yönetiminde daha şeffaf ve verimli süreçlerin oluşturulmasına olanak tanır. Endüstri 4.0'ın getirdiği otomasyon ve akıllı üretim süreçleriyle birlikte, blokzincir, tedarik zinciri yönetimi ve üretim süreçlerinde daha şeffaf, izlenebilir ve verimli bir yapı sağlar. Üretim süreçlerindeki veri izleme ve takibi, tedarik zinciri süreçlerindeki güvenilirlik ve şeffaflık gibi konularda blokzincir teknolojisinin kullanımı büyük bir önem taşır. Bu şekilde blokzincir teknolojisi, diğer önemli teknolojik gelişmelerle birlikte entegre olarak geleceğin dijital ekosistemlerinin temelini oluşturacak ve birçok sektörde devrim yaratacaktır. Gelecek yıllarda blokzincir teknolojisinin uygulama alanları ve boyutları hızla artmaya devam edecek ve daha da karmaşık ve çeşitli kullanım senaryoları ortaya çıkacaktır.

Blokzincir teknolojisine artan bu ilgi teknolojinin potansiyeli ve etkileri üzerine yapılan akademik çalışmalar, çeşitli disiplinlerdeki araştırmacılar arasında geniş bir alanda gerçekleştirilmektedir. Blokzincir konulu akademik yazılar finans, bilişim, hukuk, sağlık, lojistik ve diğer birçok sektördeki uzamanlar tarafından incelenmektedir. Akademik çalışmaların geneli blokzincir teknolojisinin topluma ve işletmelere faydalı durumlarından bahsetmektedir ve birçok verimli uygulamadan bahsetmektedir. Bununla birlikte, alanyazında yer alan blokzincir konulu çalışmaların incelenmesi, bazı durumlarda gerçekçi olmayan önerilere ve beklentilere rastlanabileceğini göstermektedir (Zile & Strazdina, 2018). Özellikle blokzincir teknolojisiyle ilgili abartılı iddiaların ve verimliliği hesaplanıp denenmemiş çözümlerin varlığı teknolojiyi

uygulayıcılar tarafından yanıltıcı olabilmektedir. Bu durum gelecekteki araştırmaların daha dengeli ve somut bulgular üzerine odaklanması gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu gibi durumlardan sebeple blokzincir teknolojisiyle ilgili gerçekçi ve sağlam temellere dayanan çalışmaların artması, alanyazının niteliğini ve blokzincir teknolojisinin akademik kabulünü daha da güçlendirecektir. Bu bağlamda bu araştırmanın amacı literatürdeki blokzincir uygulamalarının başarısızlığına dair olan yazımları inceleyerek blokzincir teknolojilerinin başarısız uygulamaların neden olduğunu tespit etmek ve gelecek uygulamalar ve araştırmalar için dikkat edilmesi gerek hususlar konusunda yol gösterici olmaktır.

Bu çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde blokzincir kavramının tanımı yapılmıştır. Sonrasında içerisinde bulunan temel kavramlardan bahsedilecek ve özellikleri verilmiştir. Ayrıca blokzincir türlerinin teknolojik alt yapısı açıklanmıştır.
Çalışmanın ikinci bölümünde literatür taraması yapılarak blokzincir teknolojisinin kullanım alanlarıyla ilgili sektörel bazda bilgiler verilmiştir. Bu kullanım alanlarıyla ilgili literatürdeki örnekler gösterilmiştir.

Üçüncü bölümünde ise yapılan nitel araştırmanın amacı, kullanılan yöntem, veri toplama aracı hakkında bilgi verilmiştir. Sonrasında, Scopus'dan alınan blokzincir teknolojisinin başarısız uygulamalarındaki veriler biblioshiny ile analiz edilerek sonuçlar ve bulgulara yer verilmiştir. Sonuçlar ve öneriler kısmında ise sonuçları genel olarak toplanmıştır ve gelecek çalışmalar için öneriler verilmiştir.

1. TEORİK ARKA PLAN

1.1. Blokzincir Teknolojisinin Alt Yapısı

Teknolojik gelişmeler içerisinde blokzincir teknolojisi ilk defa Satoshi Nakamoto adlı kişi ya da bir grup tarafından 2008 yılında "Bitcoin: Eşler arasında elektronik ödeme sistemi" adlı makalesinde ortaya atılmıştır. Bu makalede blokzincir, yapılan bütün işlem bilgisinin ağdaki katılımcılar tarafından kaydedilip paylaşıldığı birbirine zincirlenmiş bir dizi veri bloğu olarak tanımlanır (Nakamoto, 2008). Literatürdeki bazı blokzincir (blockchain) tanımları şöyledir.

Beck'in tanımına göre blokzincir, çok sayıda düğümün tutarlı ve değiştirilmeye karşı dayanıklı bir işlem veri tabanıdır. Blokzincir geriye dönük yapılan manipülasyonlara karşı kriptografik olarak güvence altına alınmıştır. Yeni işlemlerin doğrulaması gerektiğinde veri tabanını güvenli tutması için bir uzlaşma mekanizması kullanır. Blokzincirdeki işlemler gruplandırılır ve bloklar halinde saklanır. Bu işlemlerin birleştirilmiş hash'i de saklanır ve sonraki her blok, önceki bloğun hash'ini kaydeder. Böylece, bilgiyi içeren güvenli ve bağlantılı bloklar zincirini oluşur buna blokzincir denir (Beck, 2018).

Blokzincir, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan güvenli ve şeffaf bir şekilde dijital işlemleri kaydetmek için kullanılan bir dağıtılmış defter teknolojisidir. Her blok, önceki bloğun kriptografik karmasını içeren bir işlem listesi içerir. Bu blokzinciri sahteciliğe karşı dirençli hale getirir ve merkezi bir otoriteye olan ihtiyacı ortadan kaldırır (Swan 2015).

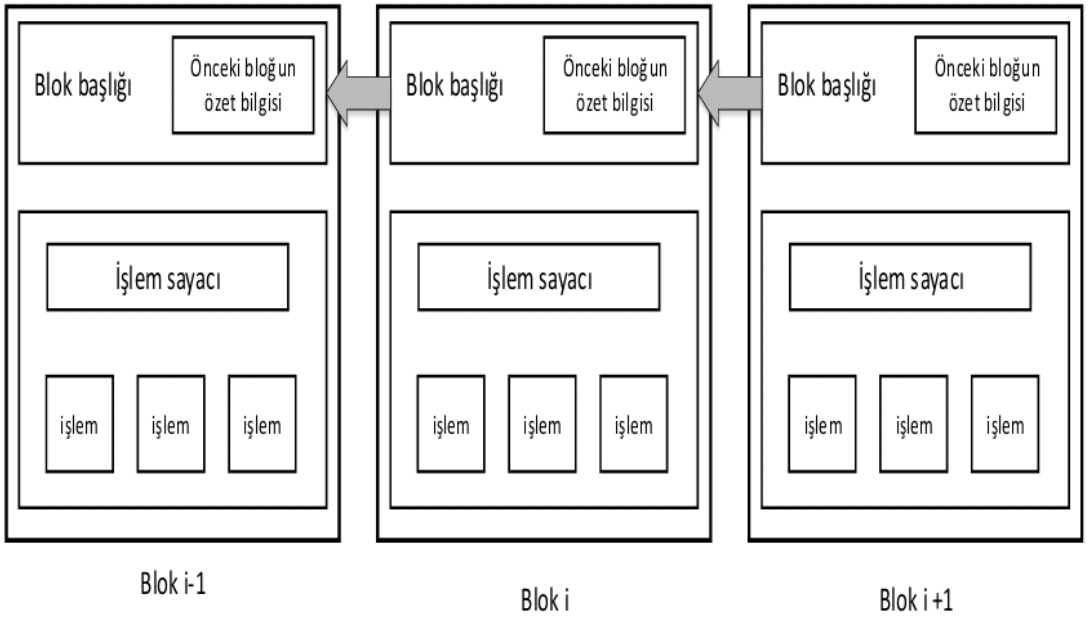
Blokzincir teknolojisinin derinlemesine anlaşılması, temel kavramları sağlam bir şekilde kavramakla başlar. Bu temel kavramlar, blokzincir ekosisteminin yapı taşlarını oluşturur. Blokzinciri tanımlarken kullanılan blok, eşten eşe ağ, dağıtık defter

teknolojisi ve hash fonksiyonu gibi birçok açıklanması gereken kavram vardır.

1.1.1. Blok

Blokzincir yapısında verilerin depolanıp saklandığı her bir yapıya blok denir. Bloklar zamansal olarak işlem akışına uygun şekilde birbirlerine bağlıdırlar. İlk oluşturulan blok yapısına "genesis" blok denir (Usta & Doğantekin, 2017).

Şekil 1. Blokların Yapısı (Swan, 2015)



Bloklar, Şekil 1'deki gibi önceki bloğun bilgilerinin olduğu bir başlık ve işlemleri kaydeden bir gövdeden oluşur. Bloklar, katılımcılar tarafından ağdaki kabul edilen kurallara uygun olarak belli bir zaman diliminde kaydedilmiş işlemlerin listesidir. Bu bloklar, değer içeren verileri içerir ve bir zincir oluşturacak şekilde birbirleriyle bağlantılıdır. Her blok, kendinden önce gelen bloğun özetini içerir. Bu nedenle bir bloğun bilgileri değiştirilirse, kendisinden önce gelen tüm blokların bilgilerinin değiştirilmesi gerekir, ki bu da pratikte imkansızdır. Bu özellik blokzincirin güvenilirliğinin temelini oluşturur. Sonuç olarak blokzincir teknolojisi yapısal olarak geriye dönük herhangi bir değişikliğin veya bozulmanın mümkün olmadığı güvenilir bir sistem sunar (Tanrıverdi vd., 2019).

Blok şifreme algoritmalarında veriler sabit boyutlu bloklara ayrılırlar. Bu bloklarlar bazen birbirleriyle bağlantılı beraber bazen de birbirlerinden tamamen bağımsız olarak şifrelenmekte veya şifreleri çözülmektedir. Bu algoritma ile sabit uzunluğa sahip metinler şifreli birer metne çevrilmektedirler. Her bir blok uzunluğu açısından 64-bit ya da 128-bit olarak şekillenebilmektedir. Bu farklı blok boyutlarına sahip durum vektörü, yani şifreleme sırasında kullanılan geçici veri yapısı, permütasyon ve matris gibi çeşitli matematiksel yöntemlerinde işleme dahil olmasıyla güncellenerek şifreleme süreçlerini tanımlamaktadır (Gül, 2022).

1.1.2. Eşten Eşe Ağ (Peer to Peer - P2P)

Eşten eşe ağlar, blokzincir ağında bulunan katılımcılar arasında veri paylaşımının merkezi bir sunucuya ihtiyaç duymadan gerçekleştiği dağınık ağ yapılarıdır. Her bir cihaz, veri paylaşımı ve depolama görevlerini üstlenerek eşit bir şekilde işlev görür. Blokzincir ağındaki katılımcılar, aynı anda veri sağlayabilir, depolayabilir ve dağıtabilirler. Ayrıca bu katılımcılar ağdaki işlemleri izleyebilir ve onaylayabilirler. Özellikle vurgulanması gereken nokta, bu ağ katılımcılarının herhangi bir merkezi otoriteye bağlı olmaksızın doğrudan birbirleriyle etkileşim halinde olmalarıdır (Ezgin, 2021).

Burada her katılımcı (node) bireysel bir eş olarak hareket eder. Tüm katılımcıların gücü eşit seviyededir ve aynı görevleri yerine getirirler. P2P sistemler bir kullanıcı ağı tarafından yürütülür. Büyük çoğunlukla her bir kullanıcıda dosyaların bir kopyası bulunur. Kullanıcılar hem bir istemci hem de diğer node'lar için sunucu olarak hareket eder. Bu yüzden merkezi bir yönetime ve bir sunucuya bağlı değildir. Bu tür ağlara bağlanmış kullanıcılar kendi belleklerindeki dosyaları paylaşırlar. Veri paylaşımı için özel tasarlanmış uygulamalar olduğu için kullanıcılar dosyaya erişmek ve indirmek için ağ üzerindeki diğer kullanıcılara sorgu göndermektedir. Bir node, istemci olarak hareket ettiğinde diğer ağ node'larından dosya indirir. Ancak, bir sunucu olarak hareket ettiğinde, diğer node'lar için dosyaları indirebileceği bir kaynak haline gelir. Bu özellikleri sayesinde birçok kripto paranın temelinde yer alarak blokzincir sektörünün

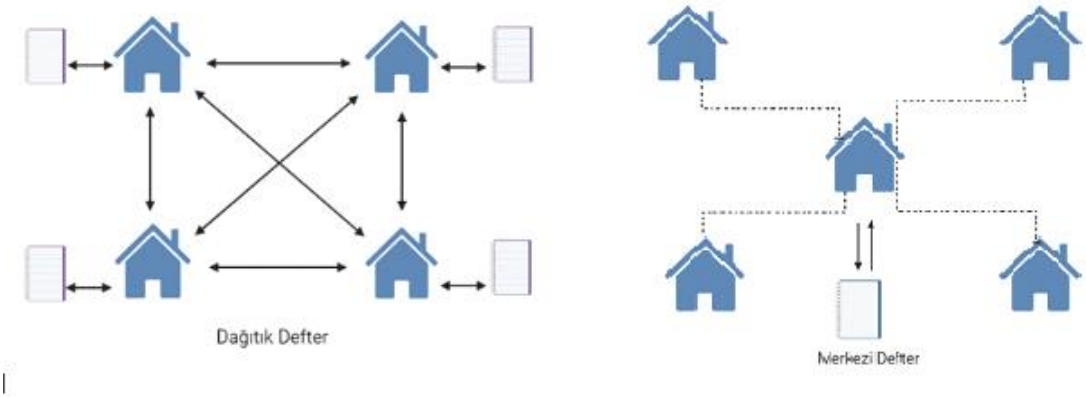
büyük bir kısmını oluşturur. Ayrıca web arama motorları, çevrimiçi akış platformları, çevrimiçi pazar yerleri ve Gezegenler Arası Dosya Sistemi (IPFS) gibi diğer dağıtılmış hesaplama uygulamalarında da P2P mimarisi yaygın olarak kullanılır (Binance Akademy, 2019).

1.1.3. Dağıtık Defter Teknolojisi (Distributed Ledger Technology)

Dağıtık defter teknolojisi (DLT), merkeziyetsiz yapısı ve veri bütünlüğünü sağlama yeteneği ile ekonomi, toplum ve endüstride köklü değişimler yaratma potansiyeline sahip yeni bir teknolojidir. Klasik ticari işlem kavramlarını yeniden tanımlayarak değer yaratma ve yakalama için yeni imkanlar sunar. DLT, verilerin birden fazla alanda erişilebilir, güncellenebilir ve doğrulanabilir olmasını sağlayarak merkeziyetsiz bir altyapı oluşturur. Bu sayede, herhangi bir otoriteye ihtiyaç duymadan verilerin güvenilir ve şeffaf bir şekilde saklanması, erişilmesi ve güncellenmesi mümkün hale gelir (Vikipedi, 2024).

Şekil 2'de de görüldüğü gibi dağıtılmış defter teknolojisinin en önemli farkı bir defterde yapılan herhangi bir değişikliğin otomatik olarak bütün defterlerde yapılıyor olmasıdır. Bununla birlikte bilgilerin kriptografik imzalar kullanılması ile doğrulanıyor olmasıdır (Coppi & Fast, 2019).

Şekil 2. Dağıtılmış Defter Yapısı (Vikipedi, 2024)



Dağıtılmış defter teknolojisi, Bitcoin ve blokzincir teknolojilerinden önce de var olan

bir kavramdır. 1992 yılında Stuart Haber ve W. Scott Stornetta, kriptografik hash işlevlerini ve Merkle ağaçlarını kullanarak dijital verilere güvenli ve etkili bir şekilde zaman damgası eklemek için kriptografik olarak bağlantılı veri blokları zinciri fikrini ortaya attılar. Bu fikir, dijital verilerin değiştirilmeden kalmasını ve zaman damgasının eklenmesini sağlayarak, veri bütünlüğünü ve geçmişe dönük takibini sağlamayı amaçlamaktadır (Zambrano, 2017). Bu çalışmalar, dağıtılmış defter teknolojisinin temelini oluşturdu ve daha sonra Bitcoin'in yaratılmasında ve blokzincir teknolojisinin gelişiminde önemli bir rol oynadı.

1.1.4. Özetleme (Hashing)

Hash fonksiyonu diğer kullanılan adıyla özetleme, girdi olarak aldığı veriyi sabit uzunluklu bir çıktıya dönüştüren matematiksel bir işlemdir. Herhangi bir veri kümesi için, hash fonksiyonu her zaman aynı uzunlukta bir çıktı üretir. Bu çıktılar, birbirinden farklı olsa da aynı girdi için her zaman aynıdır. Bu nedenle hash fonksiyonları, verilerin güvenli bir şekilde saklanmasını ve doğrulanmasını sağlar. Hash fonksiyonları, ağ düğümlerinin iş ispatı rekabet sürecinin sonuçlarını doğrulamasına veya desteklemesine izin veren önemli bir özelliğe sahiptir. Bu özellik sayesinde, merkezi olmayan mutabakat sistemleri mümkün hale gelir. Bu sistemler, ağdaki düğümlerin ortak bir fikir birliğine varmasını sağlar ve verilerin güvenliğini ve bütünlüğünü korur (Zambrano, 2017).

Özetleme algoritması ile verinin büyüklüğüne ve küçüklüğüne bakılmaksızın sabit uzunlukta özet bilgi, dijital bir parmak izi yaratılır. Özetleme algoritmalarında tersine mühendislik çalışmadığı için küçük veri değişiklikleri birbirinden bağımsız özet bilgi üretilir. Şekil 1’de görüldüğü gibi her blokta bir önceki bloğun özet bilgisi kayıtlıdır. Bu yüzden veri değişikliği mümkün değildir (Usta & Doğantekin, 2017).

Tanımlardan anlaşıldığı üzere burada en önemli amaç veriyi gizlemek ve güvenli şekilde verileri depolamaktır. MD5, SHA-1, SHA-256 gibi kriptografik hash fonksiyonları günümüzde çokça kullanılır. Bir hash fonksiyonu, aynı çıktıyı oluşturan

iki farklı girdi bulunduğunda, bu durum 'çakışma (collision)' olarak adlandırılır. Bir hash fonksiyonunun kırıldığı ve kriptografik olarak güvenli olmadığı söylenir. Örneğin, SHA-1 için 2017 yılında, 6610 yıl işlemci zamanı kullanılarak bir çakışma tespit edilmiştir. MD5 için ise 2005 yılından beri çakışmalar bilinmektedir. Bu tür çakışmaların tespit edilmesi, MD5 ve SHA-1 gibi hash fonksiyonlarının günümüzde kriptografik olarak yeterince güçlü kabul edilmemesine neden olmuştur (Şengün, 2017). Bitcoin, SHA-256 adı verilen bir algoritmayı kullanır. Bu algoritma, genel olarak kullanılan algoritmalar arasında en karmaşık olanıdır. Bitcoin sisteminde hash algoritmasının kullanılmasının önemli nedeni, hem girdi verisinin bozulmadan zaman içinde aktarılmasını sağlamak, hem de dış müdahalelere kapalı olmasını sağlamaktır (Gültekin & Bulut, 2016).

1.1.5. Mutabakat Yapısı (Consensus Mechanisms)

Blokzincir sistemlerinde, herhangi bir işlemin eklenmesi için genel kabul görmüş kurallara uygunluğunun kontrol edilmesi gerekir. Bu kontrol sürecine "mutabakat" denir. Mutabakat, işlem geçerliliği konusunda sistemdeki tüm düğümlerin fikir birliğine varması gerektiği zaman gerçekleşir. İşlem doğrulandığında, kayıt defterine eklenir. Bu sürece "mutabakat yapısı" denir (Ünal & Uluyol, 2020). Birden fazla mutabakat yapısı bulunmaktadır. Blokzincir platformlarının ve genel olarak en çok kullanılan iki yapı vardır.

1.1.5.1. Proof of Work (PoW)

İş ispatı olarak adlandırılan bu mutabakat yapısı aslında madencilik olarak bilinen yöntemdir. Bu yapıda madenciler işlemi en hızlı şekilde çözerek sonuca ulaşmaya çalışır. Burada yeni veriler ile yeni bloklar meydana getirmeden önceki bloğun özet verisi ve zaman damgasıyla birlikte yeni blok için başlık oluşturulmaktadır. Bu işlem uygun görülürse ağdaki tüm kullanıcılara bu bilgi iletilir (Tanrıverdi vd., 2019). Bu sistemde teşvik mekanizması önemlidir. Blokzincirine yeni blok ekleyebilen kişi ödüllendirilmesi gerekir çünkü Bitcoin dijital para biriminde sadece bu sistemle veri eklenmektedir. Bu yöntemle beraber teşvik kazanmak isteyen kişiler güçlü özellikli bilgisayarları blok üretmeye katmıştır.

1.1.5.2. Proof of Stake (PoS)

İş kanıtı yöntemi çok fazla elektrik enerjisi gerektirerek bilgi işlem gücünün harcanmasına neden olmaktadır. Bu algoritma blokzincirindeki blok üretim ve doğrulama işlemi ile bloğu üreten düğümün zincirdeki sahip olduğu payı ilişkilendirmektedir. Bu sistemde kripto paralar en başında tüm sisteme yatırımlara göre dağıtılır. Bu paralardan pay miktarı hesaplanır ve düğümler bu miktar üzerinde sistemde öncelik hakkı kazanır. Bir sonraki bloğun üretiminde ise rastlantısal fonksiyon kullanılmaktadır. Bu sayede payı yüksek olan düğümün seçilme şansı yükselir. Eğer bu düğüm uygun bir blok üretmezse sıradaki düğüme bu hak verilir. Bir başka yaklaşımda ise belirlenen pay çözülecek olan bulmacanın zorluğunda etkili olur (Lin & Liao, 2017).

1.1.6. Akıllı Sözleşmeler

Akıllı sözleşme kavramı blokzincir kavramından önce de var olan bir kavramdır. Temeli 1990'lara dayanmaktadır. İlk olarak hukuk profesörü olan ve bilgisayar bilimleriyle ilgilenen Nick Szabo ortaya atmıştır (Vikipedi, 2023). Blokzincir teknolojisi bu teknolojiyi rahatlıkla kullanabileceğimiz bir ortam sunmaktadır. Blokzincir teknolojisinden önce akıllı sözleşmeler güvenli ve işlemlerin tarafsız olması pek mümkün değildi. Bu kavram Bitcoin'e yapısı gereği pek uygun değildir. Kodlarla sözleşme yazmayı kullanışlı hale getiren Ethereum'dur.

Akıllı sözleşmeler, belirli şartlar ve koşullar yerine getirildiğinde otomatik olarak çalışan, blokzincir üzerinde yer alan dijital sözleşmelerdir. Bir nevi dijital kod parçalarıdır ve içerdikleri kurallara göre işlem yaparlar. Bu kurallar önceden belirlenir ve akıllı sözleşme, bu kurallara uygun olarak çalışır. Akıllı sözleşmeler önceden belirlenmiş işlemler sayesinde bilgileri depolar. Girdileri ve çıktıları verir. (Buterin, 2014).

Akıllı sözleşmeler, katılımcıların kabul ettiği kuralları içerir. Bu şartlar sağlandığında sözleşme kodlara dökülür ve belirli işlemler gerçekleştirilir. Akıllı sözleşmeleri onaylayan tarafların imzası alınır. Bu sözleşme kriptografi kullanılarak blokzincirine

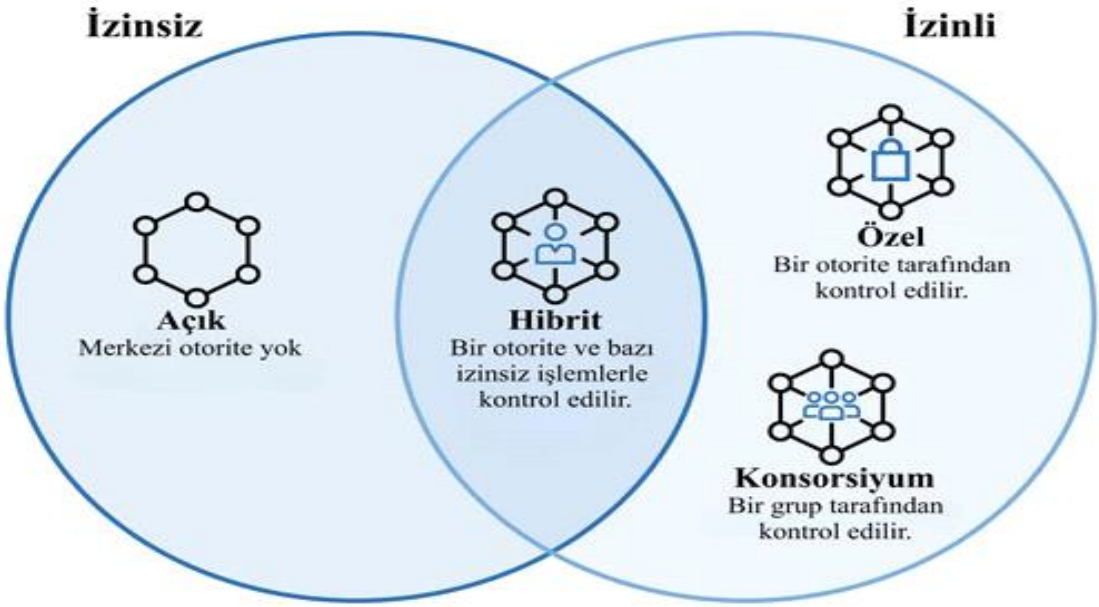
yüklenir. Akıllı sözleşme içinde yer alan tüm kodlar, herkesin kolayca anlayabileceği şekilde olmalıdır (Ünal & Uluyol, 2020).

Blokzincir teknolojisi kullanılarak tapu kayıtları, motorlu araçlarla ilgili belgelerin depolanması sağlanabilir. Bu durumda, akıllı sözleşmeler aracılığıyla kamu kurumları, bankalar veya noterler gibi geleneksel aracılara ihtiyaç duyulmadan, gayrimenkuller, taşınabilir mallar ve para gibi varlıkların doğrudan kişiler arasında transferi gerçekleştirilebilir. Ayrıca, bir ölüm belgesinin kaydedilmesiyle miras istekleri otomatik olarak uygulanabilir hale gelebilir. Benzer şekilde, doğum sertifikaları da akıllı sözleşmelerle ilişkilendirilerek dijital ortamda güvenli bir şekilde saklanabilir ve işlenebilir (Vikipedi, 2023).

1.1.7. Blokzincir Ağ Türleri

Blokzincir, dağıtık defter sistemi kullanarak aracı kurumlara veya merkezi otoritelere ihtiyaç duymadan verileri depolayıp işlem yapma olanağı sağlar. Bu bağlamda uygulamayı kullananların gereksinimleri ihtiyaçlara göre şekillenebilir. İstenilen blokzincir türü kullanım senaryolarına göre değişiklik gösterebilir. Blokzincir yapısı ihtiyaçlar doğrultusunda işlem hızı ve güvenlik türlerine göre değişiklik gösterebilir. Bazı kullanıcılar için işlem hızı önemliyken diğer kullanıcılar için verinin güvenliği ve şeffaflığı öncelikli olabilir. Blokzincir teknolojisi Şekil 3'te görüldüğü gibi iki ana kategoride dört farklı türde bulunmaktadır. Bunlar açık blokzincir (Public Blockchain), özel blokzincir (Private Blockchain), hibrit blokzincir (Hybrid Blockchain) ve konsorsiyum blokzincir (Consortium Blockchain) olarak adlandırılır.

Şekil 3. Blokzincir Türleri (Bastian & Lenox, 2021)



1.1.7.1. Açık Blokzincir

Açık blokzincir türü tamamen açık ve şeffaftır. Bu isteyen herkesin tüm zincir verilerini indirip madencilik yapmaya başlayabileceği anlamına gelir. Bu, zincirin birçok aktif kopyasının oluşmasını sağlamaktadır. Bu durum blokzincirin güvenliğini ve tutarlılığını artırır. Ancak, bu tür dağıtık yapılarda, veri boyutunun büyümesi nedeniyle zincirde değişiklik yapılması sırasında uzlaşma protokollerine ihtiyaç duyulabilir (Tanrıverdi vd., 2019). Ethereum ve Bitcoin, akıllı sözleşmelerin kullanımını sağlayan ve geliştiricilerin dağıtılmış uygulamalar yayınlamasına olanak tanıyan platform ve programlama dilleri sunar. Bu nedenle, bu yapıya örnek olarak gösterilebilirler (Ünal & Uluyol, 2020).

1.1.7.2. Özel Blokzincir

Özel blokzincir türü belirli bir kuruluş veya topluluk tarafından yönetilen ve sadece önceden belirlenmiş kullanıcıların erişebildiği blokzincirlerdir. Açık blokzincirlerin aksine, özel blokzincirler izinli bir yapıya sahiptir. Bu bloklar, daha hızlı işlem sürelerine ve enerji verimliliğine sahip olabilir. Ancak, merkezi bir otoriteye bağlı oldukları için açık blokzincirler kadar şeffaf veya güvenilir değillerdir. Özel

blokzincirler genellikle hassas verilerin işlendiği ve kurumsal uygulamalar için tercih edilir, çünkü bu tür verilerin gizliliği ve güvenliği daha yüksek bir önceliktir (Puthal vd., 2018).

1.1.7.3. Hibrit Blokzincir

Hibrit blokzincirinde üyeler istediği katılımcıların ağa katılabileceğine karar verirler. Ayrıca hangi işlemlerin topluluğa açık olacağını belirleyebildiği gibi aynı zamanda özelleştirebilirler. Açık blokzincir ve özel blokzincirlerin özelliklerinden yararlanabilmeleri için kullanılan bir yapıdır (Le vd., 2021). Hibrit blokzincir, kullanıcıların güvenlik ve şeffaflık isteklerine karşılık verir. İstenilen işlemleri ve verileri özel bir blokzincir içerisinde saklar. Diğer işlemlerin yürütülmesi için açık blokzincir kullanır. Bu hibrit blokzincir türünde olan iki katmanlı yapı özel blokzincirin özelliği olan enerji kullanımının düşmesi ve işlem hızı gibi avantajlar sağlar. Ayrıca açık blokzincir türünde bulunan merkeziyetsiz, şeffaflık gibi özellikleri kullanır (Geroni, 2021).

1.1.7.4. Konsorsiyum Blokzincir

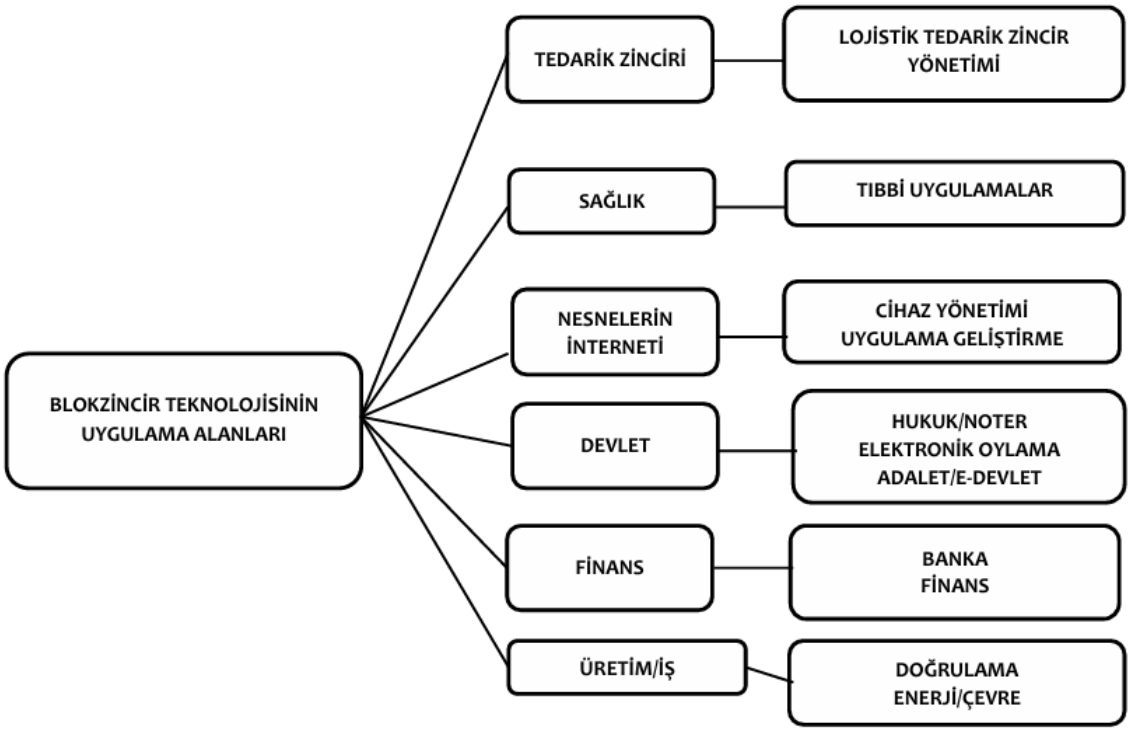
Konsorsiyum blokzincirleri, birden fazla kuruluş veya kurum tarafından oluşturulan bir ortaklıkla denetlenen ve yönetilen blokzincirleridir. Özel blokzincirler gibi izinli bir temele sahip olmalarına rağmen, güven ve kontrol yükü birden fazla kuruluş arasında paylaşıldığı için daha güvenli ve şeffaf bir yapı sunarlar. Bu blokzincirlerde, işlem doğrulama ve yeni blokların oluşturulma süreçleri farklı kuruluşların katılımıyla, tek bir merkezi otoriteye bağlı olmadan iş birliği ile yürütülür. Özellikle finans, enerji, tedarik zinciri yönetimi ve çeşitli ortak projelerde iş birliği ve veri paylaşımı için kullanılabilmektedirler. Konsorsiyum blokzincirleri, özel blokzincirlerin sağladığı güvenlik ve gizlilikle birleştirerek, çoklu paydaş veya taraflar için uygun bir yapı sunar. Bu blokzincirler, sektörler arası ve şirketler arası güvenli ve verimli bir iş birliği modelinin oluşmasına katkı sağlarlar (Sak, 2024).

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Blokzincir Teknolojisinin Uygulama Alanları Ve Örnek Çalışmalar

Blokzincir teknolojisi kripto para birimi olarak piyasaya çıkmış olsa da teknolojinin hızla gelişmesiyle beraber artık sadece finansal bir işlem olarak değil birçok farklı sektörde uygulaması olan bir teknolojik gelişme haline gelmiştir. Sağlık hizmetlerinden tedarik zinciri yönetimine, kamu hizmetlerinden üretime işlemlerine kadar pek çok alanda devrim niteliğinde çözümler sunmaktadır (Ceylan & Işık, 2023). Blokzincir teknolojisinin şeffaflık, güvenlik ve merkeziyetsizlik gibi temel özellikleri verimli kullanabilecek birçok sektör bulunmaktadır. Tezin bu kısmı literatür taraması yaparak blokzincir teknolojisini kullanan sektörleri belirleyip bu sektörlerdeki kullanım örneklerini ortaya koyacaktır.

Şekil 4. Blokzincir Teknolojisinin Bazı Kullanım Alanları (Ceylan & Işık, 2023)



Blokzincir birçok sektörde devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Çok sayıda işletme blokzincir teknolojisinden nasıl fayda sağlayabiliriz üzerine araştırmalar yapıyor. 2020 yılında yapılan araştırmalara göre, üst düzey yöneticilerin %53'ü blokzincir teknolojisini

kurumsal altyapılarının önemli bir parçası olarak tanımlamıştır. Bu eğilimin devamında, 2022'nin sonuna kadar çeşitli sektörleri kapsayan Baş Bilgi Yetkililerinin (CIO'lar) yaklaşık %60'ının blokzincir teknolojisini mevcut altyapılarına dahil etmeye hazırlandıkları görülmektedir. Blokzincirin iş dünyasında giderek artan önemi, küresel harcamalarda da kendini göstermektedir; blokzincir çözümlerine yönelik küresel harcamaların 2024 yılına kadar 19 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Ayrıca, icra kurulu başkanlarının (CEO'lar), finans sorumlularının ve insan kaynakları sorumlularının %50'sinden fazlası, blokzincir teknolojisinin altyapıları için kritik olduğunu düşünmektedir. Bu veriler blokzincirin iş dünyasında hızla yaygınlaşan ve stratejik bir öneme sahip bir teknoloji haline geldiğini ortaya koymaktadır (Bondarchuk, 2024).

2.1.1. Merkeziyetsiz Finans (DeFi)

Blokzincir teknolojisinin finans sektöründe benimsenmesi, kayda değer bir yatırım artışıyla desteklenmektedir. 2022 yılında, blokzincir endüstrisi 1.828 anlaşma ve toplam 26,8 milyar dolarlık fonlama ile büyük bir yatırım akışı yaşamıştır. Bu dönemde blokzincir altyapısı ve gelişimine yönelik fonlama, bir önceki yıla kıyasla %81'lik bir artış göstermiştir. Blokzincirin güvenliği, 270 milyar doların üzerinde işlem yapılmasını sağlamıştır, finansal işlemleri güvenli ve verimli hale getirmiştir. Bankalar, blokzincir uygulamaları sayesinde her yıl 8 ila 12 milyar dolar tasarruf edebilirken, dünya merkez bankalarının %80'inden fazlası kendi kripto para birimlerini oluşturmayı araştırmaktadır. Ayrıca, finans yöneticilerinin %76'sı dijital varlıkların önümüzdeki beş ila on yıl içinde itibari para birimlerine güçlü bir alternatif olacağına inanmaktadır. Finansal hizmet sektöründeki katılımcıların %81'i, blokzincir teknolojisinin ana akım olarak benimsendiğini ve geniş çapta ölçeklenebilir olduğunu düşünmektedir. 2023 itibariyle küresel blokzincir piyasasının 10 milyar dolara ulaşması, teknolojinin finans sektöründe artan önemini ve gelecekteki potansiyelini ortaya koymaktadır (Bondarchuk, 2024). Bu veriler, blokzincir teknolojisinin finansal hizmetlerde devrim niteliğinde bir değişim yaratarak maliyetleri düşürdüğünü, güvenliği artırdığını ve genel verimliliği sağladığını göstermektedir.

Merkeziyetsiz finans (DeFi), blokzincir teknolojisiyle geliştirilen ve aracı kurumları ortadan kaldırarak herkesin erişebileceği bir finansal ekosistem sunan bir yapıdır. Geleneksel finansal hizmetlerin dijitalleşmesiyle, mevduat, krediler, sigortalar ve borsa işlemleri gibi faaliyetler merkezi bir otoriteye gerek duymadan gerçekleştirilebilir hale gelir. Kripto paralar, NFT'ler ve metaverse gibi uygulamalar, merkeziyetsizlik ihtiyacını karşılayan blokzincir teknolojisi üzerine kurulmuş platformlardır. DeFi uygulamaları, akıllı sözleşmeler ve merkeziyetsiz uygulamalar aracılığıyla finansal işlemleri güvenli ve şeffaf bir şekilde gerçekleştirir. Bu sayede kullanıcılar herhangi bir aracıya gerek kalmadan doğrudan platformlarla etkileşime geçebilir ve finansal karar alma süreçlerine katılabilirler (Parlar, 2022).

2.1.1.1. Biga Dijital Altın

Aralık 2017'de başlatılan Takasbank Ar-Ge çalışması, Takasbank adına Borsa İstanbul kasalarında standartlara uygun olarak saklanan ve transfer edilen altınları blokzincir teknolojisi kullanarak dijitalleştirmeyi hedefleyen Biga Altın projesi olarak bilinmektedir. Proje, toplamda 16 bankanın ortaklığıyla gerçekleştirilmiştir. Garanti Bankası, Kuveyt Türk Katılım Bankası, Vakıf Bank ve Ziraat Bankası ile yapılan testlerin ardından, Aralık 2019'da "BİGA Dijital Altın" olarak Versiyon1 olarak kullanıma sunulmuştur. Bu proje, dijital varlıklar için ihraç, itfa ve transfer gibi temel özelliklerin yanı sıra raporlama ve izleme gibi hizmetler sunmaktadır. Altyapı çalışmalarında, Ethereum blokzinciri üzerine kurulmuş ve Tubitak Bilgem iş birliği ile geliştirilmiş Quorum blokzinciri kullanılmıştır (Takas İstanbul & FintechHub, 2019).

2.1.2. Sağlık Sektörü

Blockchain teknolojisi, sağlık sektöründe büyük bir dönüşüm potansiyeline sahiptir. Sağlık sektöründeki üst düzey yöneticilerin yaklaşık %40'ı, blokzinciri en önemli beş öncelikten biri olarak görmektedir (Bondarchuk, 2024). Bu ilgi blokzincirin güvenli ve verimli veri yönetimi, hastaların sağlık verilerinin güvenli paylaşımı ve sahtekarlığın önlenmesi gibi alanlardaki avantajlarına dayanmaktadır. 2025 yılına kadar sağlık uygulamalarının %55'inde blokzincir teknolojisinden yararlanılacağı tahmin edilmektedir (Bondarchuk, 2024). Bu, hasta kayıtlarının güvenli şekilde saklanması, ilaç tedarik zincirinin izlenmesi, faturalandırma süreçlerinin doğrulanması ve sağlık

araştırmalarının bütünlüğünün sağlanması gibi çeşitli alanlarda blokzincir kullanımının artacağı anlamına gelebilir. Bu gelişmeler, sağlık sektöründe daha güvenilir ve etkin hizmetler sunulmasını sağlayacaktır.

Sağlık sektöründe bazı alanlar, blokzincir protokolü ile teknolojik dönüşüm için büyük potansiyel taşımaktadır. Bu bölümde, blokzincir protokollerinin sağlık alanındaki mevcut ve potansiyel kullanımları ele alınmaktadır. Sağlık bilgisi transferi, sağlık araştırmaları bütünlüğü, kişisel sağlık kayıtları, sağlık verilerinin saklanması, faturalandırma, hasar kayıtları, ilaç tedarik zinciri ve pandemik durumlar gibi alt kullanım senaryoları vardır (Aydar & Çetin, 2020).

2.1.2.1. MedChain

MedChain, Elektronik Tıbbi Kayıtlar (EMR) ve elektronik Korumalı Sağlık Bilgileri (ePHI) için blokzincir ve dağıtılmış depolama çözümleri sunan bir platformdur. Sağlık hizmeti sağlayıcılarının maliyetlerini düşürürken hastalara daha yüksek kaliteli bakım sunmayı hedefleyen MedChain, EMR'ler için daha güvenli ve şeffaf bir çerçeve oluşturmayı amaçlamaktadır. Küresel olarak uyumlu bir çerçeve içinde güvenli depolama ve şeffaflığı kolaylaştıran yazılım ve uygulamalar geliştirilmesine olanak tanıyan platform, küçük özel uygulamalardan büyük hastane sistemlerine kadar tüm sağlık hizmeti sağlayıcıları arasında veri birlikte çalışabilirliğini artırır. Çoklu blokzincirlerle yönetilen, genişletilebilir ve katmanlı bir mimariye sahip olan MedChain, hasta verilerinin güvenliğini, hasta sonuçlarının iyileştirilmesini ve maliyetlerin düşürülmesini sağlar. SEC (Securities and Exchange Commission), HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act) ve GDPR (General Data Protection Regulation) uyumlu olan MedChain, kullanıcı kimliklerini güvence altına almak için gelişmiş kimlik doğrulama yöntemleri ve son teknoloji şifreleme teknikleri kullanır. Tüm bu özellikleriyle MedChain, sağlık sektöründe veri yönetiminde devrim yaratarak tıbbi kayıtların güvenli bir şekilde tutulmasını ve paylaşılmasını sağlamaktadır (Shen vd., 2019).

2.1.2.2. MediBchain

MediBchain, sağlık verilerinin yönetiminde önemli gizlilik ve güvenlik sorunlarını ele alan blokzincir tabanlı bir platformdur. Sistem, veri depolamayı merkezsizleştirerek hesap verebilirlik, bütünlük ve güvenliği bir eşler arası ağ aracılığıyla sağlar. Blokzincir teknolojisini kullanarak, MediBchain, hastaların şifrelenmiş sağlık verilerini kontrol ettiği hasta odaklı bir model sunar ve kriptografik fonksiyonlar aracılığıyla takma ad kullanımı sağlar. Bu yaklaşım, hastaların veri paylaşımını ve erişimini güvenli bir şekilde yönetmelerine olanak tanıyarak, geleneksel Elektronik Sağlık Kayıtları (EHR) sistemleriyle ilişkili güvenlik açıklarını çözer. MediBchain'in mimarisi, veri gönderenler (hastalar), veri alıcıları, kayıt birimi ve özel erişim birimi (PAU) gibi bileşenleri içerir ve tümü, veri bütünlüğü ve gizliliğini korumak için blokzincirle etkileşimde bulunur (Al Omar vd., 2017).

2.1.3. Kamu/Devlet Hizmetleri

Birçok devlet, uluslararası kuruluş ve özel sektör, blokzincir teknolojisini yakından izleyerek araştırma faaliyetleri yürütmekte ve çeşitli projeler geliştirmektedir. Farklı ülkeler ve kuruluşlar, blokzincirin kripto paralar dışındaki kullanım alanlarında hem rekabetçi hem de iş birlikçi bir yaklaşım sergilemektedir. Amerika'nın Delaware eyaleti, şirket kuruluşlarında blokzinciri kullanırken, İsveç, bankalar ve tapu kayıt otoriteleriyle birlikte alıcı ve satıcıların işlemleri gerçek zamanlı olarak görebileceği ve onaylayabileceği blokzincir tabanlı bir tapu sicili uygulaması test etmektedir. Dubai, 2020 yılı itibarıyla tüm devlet işlerini blokzincirle yürütmeyi ve kamu belgelerini dijitalleştirmeyi hedeflemiştir. Estonya, siber güvenlikten başlayarak elektronik oy verme gibi vatandaşlık hizmetlerinde blokzincir teknolojilerini uygulayan ilk ülkedir. Çin, blokzincirin kripto paralar dışındaki kullanımına olumlu yaklaşırken, Japonya Bitcoin'e kısıtlamalar getirip kendi dijital parasını geliştirmeye çalışmaktadır. Venezüella ise mali krizini aşmak için kendi kripto parasını piyasaya sürmüştür (Tüfekçi & Karahan, 2019). Bu örnekler, blokzincir teknolojisinin farklı alanlarda geniş bir yelpazede uygulama potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Ülkeler ve kuruluşlar, bu potansiyeli keşfetmek ve uygulamak için aktif bir şekilde çalışmaktadır. Blokzincir, devlet yönetimini daha şeffaf ve hesap verebilir hale getirebilir, özel sektörde yeni iş modelleri ve gelir akışları yaratabilir ve toplumda daha fazla güveni

teşvik edebilir.

2.1.3.1. SafeElect

Bilkent Üniversitesi'nden bir grup yazılımcı, kripto paraların altyapısını da oluşturan blokzincir teknolojisini kullanarak örnek bir dijital oylama sistemi geliştirmiştir. Bu çalışma sayesinde oylamalar değiştirilemez hale gelmiş ve sonuçlar anlık olarak öğrenilebilir olmuştur. Bilişim Sistemleri ve Teknolojileri Bölümü'nden Dr. Seyid Amjad Ali'nin danışmanlığında, Talal Ahmed, Syed Abdullah Hasan, Mehmet Yapar ve Syed Muhammed Ali Rıza Zaidi'nin lisans bitirme projesi olarak geliştirdiği "safeElect" isimli proje, blokzincir teknolojisinin finans dünyası dışındaki potansiyelini ortaya koymaktadır. Bu sistem, oy verme işlemi sonrası sonuçların anında öğrenilebilmesi ve cinsiyet, yaş dağılımı gibi eğilimlerin çıkarılabilmesi gibi önemli avantajlara sahiptir. Blokzincir teknolojisinin merkeziyetsiz yapısı sayesinde, mevcut elektronik oylama sistemlerinde karşılaşılan merkezi sunucuya bağımlılık ve veri manipülasyonu gibi endişeler ortadan kalkmaktadır. Ayrıca, blokzincir üzerinde yapılan her işlem şifreli olup kişisel bilgi kaydedilmediğinden, oylamayı yapan kişinin kimliği tamamen gizli kalmaktadır. Bu sistem, yerel düzeydeki kamuoyu yoklamalarından ulusal ve hatta küresel çapta oylamalara kadar geniş bir uygulama potansiyeline sahiptir. "safeElect" projesi, dijital oylama gerektiren her türlü süreçte güvenliği ve şeffaflığı sağlayarak blokzincir teknolojisinin geniş bir kullanım alanına sahip olduğunu göstermektedir (Çokyaşar, 2022).

2.1.3.2. e-Devlet – Blokzincir Teknolojisi Entegrasyonu

Blokzincir teknolojisi Türkiye Cumhuriyeti tarafından kullanılan bir teknolojidir. 60 milyondan kullanıcının olduğu e-devlet platformunda, blokzincir tabanlı e-cüzdan uygulaması kullanılmaktadır. Bu teknoloji kimlik numaraların güvenli şekilde depolanmasını hedeflemektedir. Bu şekilde farklı hizmetlerde kullanılmak üzere saklanmıştır. Cumhurbaşkanı Yardımcısı'nın, Dijital Türkiye 2023 Birinci Toplantısı'nda yaptığı konuşmasında e-devlet platformunun devrim niteliğinde olan blokzincir tabanlı giriş sistemi ve dijital kimliklerin kullanıma sunulacağını söylemiştir. Bu sistemin vatandaşların blokzincir ağında oluşturduğu dijital kimliklerle e-Devlet'e

erişim sağlamasına olanak sağlayacak ve dijital kimliklerini güvenli şekilde telefonlarında tutabileceği bir offline e-Devlet sistemine geçişi mümkün kılacaktır. Önümüzdeki senelerde ise evlilik, doğum, ölüm, tapu gibi belgelerin saklanması bu teknolojik altyapı sayesinde dijital platforma aktarılacaktır. Bu yenilik, devlet hizmetlerinde güvenlik ve hayatımızı kolaylaştırma açısından önemli bir gelişme olacaktır (Blockchain Türkiye, 2023).

2.1.4. Emlak/Gayrimenkul Sektörü

Blokzincir teknolojisi, dağıtık yapısı sayesinde işlemleri güvenli ve değiştirilemez bir şekilde kaydeden merkezi olmayan bir sistemdir. Bu teknoloji, arazi ve gayrimenkul kayıtları alanında devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Geleneksel yöntemlerde yaşanan güvenlik açıkları, sahtecilik riski ve uzun bürokratik süreçler, blokzincir sayesinde minimize edilebilir. Tapu kayıtlarının blokzincirine kaydedilmesiyle mülkiyet hakları şeffaf ve güvenilir bir şekilde takip edilebilir, transfer süreçleri hızlandırılabilir ve aracı maliyetleri azaltılabilir. Ayrıca, blokzincirin değiştirilemez yapısı sayesinde tapu kayıtlarının güvenliği artırılarak sahtecilik ve dolandırıcılık girişimleri engellenebilir. Bu durum hem mülk sahipleri hem de yatırımcılar için daha güvenli bir piyasa ortamı oluşturacaktır. Blokzincirin şeffaflık ilkesi sayesinde tüm kayıtlar herkese açık olacak, böylece emlak piyasasında bilgiye erişim eşitlenecek ve şeffaflık artacaktır. Bu da piyasanın daha adil ve rekabetçi olmasına katkı sağlayacaktır (Atzori, 2018).

2.1.4.1. Propy

Propy, emlak işlemlerini modernize etmek için grup yazılımı ve blokzincir teknolojisini birleştiren bir platform sunar. Grup yazılımı, şeffaflığı ve güvenliği artırırken, blokzincir teknolojisi müşteri bilgilerini şifreleyerek verilerin bütünlüğünü garanti eder. Bu teknoloji, akıllı sözleşmeler aracılığıyla escrow gibi işlemleri otomatikleştirerek zaman ve maliyet tasarrufu sağlar. Propy, işlemleri sanal olarak yönetmeye olanak tanır, belgeleri zaman damgalı olarak blokzincir üzerine kaydeder ve dolandırıcılık risklerini azaltır. Ayrıca, tapu kayıtlarını güvenli ve hızlı bir şekilde işleyerek kayıp, hırsızlık ve doğal felaketlerden korunmayı sağlar. Yabancı alıcılar için de dostça bir platform olan Propy, yabancı para birimlerini ve kripto parayı kabul ederek döviz kurları ile ilgili sorunları ortadan kaldırır (Propy, 2019).

2.1.5. Tedarik Zinciri Sektörü

Blokzincir teknolojisi, tedarik zincirlerinde ürünlerin takibini ve şeffaflığını artırarak köklü bir dönüşüm yaratıyor. Ürünlerin üretimden tüketiciye ulaşana kadar geçirdiği tüm aşamalar, blokzincir üzerinde değiştirilemez kayıtlarla saklanarak, ürünlerin kaynağı, kalitesi ve güvenilirliği hakkında tam şeffaflık sağlanıyor. Bu sayede, sahte ürünlerin önüne geçilirken, tüketicilerin bilinçli kararlar vermesi de kolaylaşıyor. Akıllı sözleşmeler sayesinde, tedarik zinciri süreçleri otomatikleştirilerek, ödemeler ve ürün teslimatları daha hızlı ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilebiliyor. Ayrıca, blokzincir tabanlı platformlar, tedarik zinciri ortakları arasında veri paylaşımını kolaylaştırarak, süreçlerin verimliliğini artırıyor ve maliyetleri düşürüyor (Treiblmaier, 2018).

2.1.5.1. TradeLens

IBM Cloud ve IBM Blockchain tarafından desteklenen TradeLens Platformu, küresel tedarik zincirlerinde yer alan tüm paydaşlara güvenli bir veri paylaşımı ve iş birliği ortamı sunmaktadır. Açık ve tarafsız bir platform olan TradeLens, blokzincir teknolojisiyle desteklenerek endüstriyel inovasyonu teşvik etmeyi ve ticari anlaşmazlıkları azaltmayı hedeflemektedir. Maersk ve IBM iş birliğiyle hayata geçirilen ve sektör liderleri tarafından desteklenen platform, bugüne kadar milyarlarca olayı ve milyonlarca belgeyi yönetmiştir. TradeLens, yük sahipleri, taşımacılar, limanlar, gümrükler ve diğer devlet kurumları gibi tüm tedarik zinciri aktörlerini bir araya getirerek işlemlerin dijital ortamda güvenli ve hızlı bir şekilde gerçekleşmesini sağlar. Açık API erişimi ve açık standartlar sayesinde platform, Hyperledger Fabric blokzincir teknolojisi ve IBM Cloud'un gücüyle endüstriyel bilgi paylaşımını ve iş birliğini güvence altına alır. TradeLens, dünya genelindeki konteyner taşımacılığının önemli bir bölümünü yöneten büyük okyanus taşımacılığı şirketlerinin veri işleme süreçlerini de desteklemektedir (Eroğlu, 2022).

2.1.5.2. Gerçek Zamanlı Gönderi Takibi

Betti ve arkadaşlarının 2019 yılında yayınladığı “Improving hyperconnected logistics with blockchains and smart contracts” adlı makalede, Ethereum blokzincir teknolojisi

kullanılarak hiper bağlantılı bir lojistik simülasyonunda gerçek zamanlı bir gönderi takip sistemi sunmaktadır. Sistem, her bir gönderiyi temsil eden ve üzerinde gerçekleştirilen tüm eylemleri depolayan akıllı sözleşmeler kullanır. Göndericiler ve taşıyıcılar gibi farklı aracılar, gönderiler üzerinde gerçekleştirdikleri işlemler hakkında işlem yapabilen Ethereum hesaplarına sahiptir. Bu işlemler daha sonra blokzincirinde saklanır, böylece gönderinin durumunun değişmez ve şeffaf bir kaydını sağlar. Bu sistem, geleneksel yöntemlere kıyasla daha fazla güvenlik, şeffaflık ve verimlilik sunarak, gönderilerin gerçek zamanlı olarak izlenmesini ve yönetilmesini sağlar (Betti vd., 2019).

2.1.6. Üretim

Blokzincir teknolojisi, üretim süreçlerinde şeffaflığı, izlenebilirliği ve verimliliği artırarak, endüstriyel üretimde devrim yaratıyor. Hammaddelerin tedariğinden ürünün son kullanıcıya ulaşmasına kadar geçen tüm aşamalar, blokzincir üzerinde güvenli ve değiştirilemez kayıtlarla saklanarak, ürünlerin kökeni, kullanılan malzemeler ve üretim koşulları hakkında şeffaflık sağlanıyor. Bu sayede, sahte veya kalitesiz ürünlerin önüne geçilirken, tüketicilerin bilinçli kararlar vermesi de kolaylaşıyor. Üretim süreçlerinin blokzincir üzerinde izlenmesi, hataların hızlı bir şekilde tespit edilmesini ve düzeltilmesini sağlayarak, verimliliği artırıyor ve maliyetleri düşürüyor. Ayrıca, akıllı sözleşmeler sayesinde, üretim süreçleri otomatikleştirilerek, tedarikçiler, üreticiler ve dağıtımcılar arasındaki işlemler daha hızlı ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirilebiliyor (Güven, 2023).

2.1.6.1. BPIIoT

Bahga ve Madisetti tarafından 2016 yılında "Blockchain Platform for Industrial Internet of Things (BPIIoT)" adlı çalışma, endüstriyel nesnelerin interneti (IIoT) cihazları için blokzincir tabanlı merkeziyetsiz bir platform öneriyorlar. Bu platformda, her bir makine kendi blokzincir hesabına sahip oluyor ve bu hesaplar aracılığıyla kullanıcılarla doğrudan etkileşime geçebiliyor. Akıllı sözleşmeler sayesinde, kullanıcılar üretim hizmetlerine ihtiyaç duyduklarında, bu hizmetleri sunan makinelerle güvenli ve şeffaf bir şekilde anlaşma yapabiliyor. BPIIoT, bu işlemleri gerçekleştirirken aracı kurumlara olan ihtiyacı ortadan kaldırarak maliyetleri düşürüyor ve verimliliği artırıyor. Ayrıca,

blokzincirin güvenli ve değiştirilemez yapısı sayesinde, tüm işlemlerin kayıtları şeffaf bir şekilde tutuluyor ve bu da sistemin güvenilirliğini artırıyor (Bahga & Madisetti).

2.1.7. Eğitim

Blokzincir teknolojisi, açık ve uzaktan öğrenme gibi eğitim alanlarında önemli gelişmelere yol açma potansiyeline sahiptir. Blokzincir teknolojisinin kişinin öğrenme geçmişini tanınması, açık ve uzaktan öğretim dersleri, kampüs içi uygulamalar ve öğrenme yönetim sistemleri gibi bilişim alt yapısı gerektiren çalışma alanlarında kişinin daha sonra kullanabileceği güvenli sistem oluşturulması gereken yerlerde kullanılabilir. Özellikle, öğrenme yönetim sistemleri ve güven esasına dayalı sistemler, blokzincir teknolojisinin eğitimdeki potansiyel uygulama alanlarıdır. Blokzincir ayrıca, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik ve yapay zeka gibi diğer teknolojilerin açık ve uzaktan öğrenme ortamlarına entegrasyonunu kolaylaştırabilir. Bu, öğrenme deneyimini daha ilgi çekici, kişiselleştirilmiş ve etkili hale getirme potansiyeli sunar (Yıldırım, 2018).

2.1.7.1. Blockcerts

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) Medya Laboratuvarı, öğrencilere başarı belgelerini güvenli ve doğrulanabilir bir şekilde sunmak için Blockcerts adlı açık kaynaklı bir mobil uygulama geliştirmiştir. Bu uygulama, Bitcoin blokzincir teknolojisini kullanarak dijital sertifikaların verilmesini, doğrulanmasını ve yönetilmesini sağlar. Blockcerts ile öğrenciler, kendi özel anahtarları aracılığıyla belgelerinin kontrolünü ele alır ve bu belgeleri istedikleri zaman istedikleri kişi veya kurumla paylaşabilirler. İşverenler ve eğitim kurumları ise MIT'nin doğrulama portalı üzerinden belgelerin gerçekliğini kolayca kontrol edebilirler. Bu sayede, hem öğrencilerin başarılarının güvenilir bir şekilde belgelenmesi hem de belgelerin paylaşım ve doğrulama süreçlerinin hızlandırılması hedeflenir (Jirgensons & Kapenieks, 2018).

2.1.7.2. Disciplina

Disciplina platformu, eğitim kurumları ve öğrenciler arasındaki etkileşimleri kaydetmek için özel zincirler kullanır. Bu zincirlerdeki her bir işlem, öğrencinin derslere kaydolması, ödev alması, ödev teslim etmesi, not alması ve dersin tamamlanması gibi

akademik başarıları temsil eder. Bu işlemler, daha sonra kolayca doğrulanabilen bir kayıt oluşturmak için bloklar halinde gruplandırılır. İşverenler veya diğer ilgili taraflar, öğrencinin akademik geçmişini doğrulamak için bu kayıtlara başvurabilirler. Bu, öğrencilerin başarılarının şeffaf ve güvenilir bir şekilde belgelenmesini sağlar (Kuvshinov vd., 2018).

2.1.8. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti (IoT), benzersiz şekilde tanımlanabilen ve mevcut internet altyapısı üzerinden iletişim kurabilen gömülü sistemler dahil olmak üzere, birbirine bağlı nesnelerden oluşan bir dünya çapındaki ağdır (Atzori vd., 2010). Bu altyapıda, blokzincir teknolojisi, IoT cihazları arasındaki veri alışverişini güvence altına alarak merkezi olmayan, değiştirilemez ve şeffaf bir kayıt sistemi sunar. IoT cihazlarının sensörler aracılığıyla topladığı veriler, blokzincir üzerindeki dağıtık defter teknolojisinin daha önce bahsettiğimiz bir özelliği olan güvenlikli bir şekilde saklanır ve doğrulanır. Bu sayede, akıllı şehirler, endüstriyel otomasyon, sağlık hizmetleri gibi alanlarda kullanılan IoT cihazlarının ürettiği verilerin güvenilirliği ve bütünlüğü sağlanırken, aynı zamanda bu verilerin gizliliği ve mülkiyeti de korunur. Böylece, IoT ve blokzincir birlikte, IoT altyapısının güvenliğini ve şeffaflığını artırarak, daha güvenilir ve otonom sistemlerin geliştirilmesine olanak tanır.

2.1.8.1. Güvenli Etkileşim Ağı

Sert (2023), sınır güvenliği uygulamalarında karşılaşılan güvenlik sorunlarına çözüm olarak çok seviyeli bir blokzincir tabanlı IoT yaklaşımı önermektedir. Bu yaklaşım, özellikle kaynakları sınırlı IoT cihazlarının doğrudan iletişim kuramadığı durumlarda, mobil baz istasyonları (örneğin İHA'lar) üzerinden güvenli ve etkili bir iletişim ağı kurmayı amaçlar. Her bir kablosuz sensör ağı kümesi kendi yerel blokzincire sahip olur ve bu kümelerdeki cihazların kimlik doğrulaması bu zincirler üzerinden gerçekleştirilir. Küme başları, hem kendi kümelerindeki cihazlarla birinci seviye blokzincir oluştururken hem de mobil baz istasyonuyla ikinci seviye bir blokzincir oluşturarak daha geniş bir ağ güvenliği sağlar. Birden fazla kablosuz sensör ağı mevcut olduğunda ise, mobil baz istasyonları arasında üçüncü bir seviye blokzincir kurularak tüm ağın güvenliği sağlanır. Bu çok seviyeli yapı, merkeziyetsiz bir güvenlik sistemi sunarken

aynı zamanda enerji verimliliğini artırarak ölçeklenebilirliği destekler ve veri bütünlüğünü korur (Sert, 2023).

2.1.8.2. AgriBlockIoT

AgriBlockIoT, tarladan sofraya gıda ürünlerinin tedarik zincirini izlemek ve doğrulamak için blokzincir ve Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojilerini birleştiren bir sistemdir. Bu sistemde, IoT sensörleri ürünlerin sıcaklık, nem, konum gibi verilerini gerçek zamanlı olarak izlerken, etiketler veya barkodlar gibi tanımlayıcılar ürünlerin takibini kolaylaştırır. Toplanan bu veriler, ürünlerin hasat, işleme, depolama, nakliye ve satış gibi aşamalarında blokzincire kaydedilir. Blokzincir, bu verilerin güvenli, şeffaf ve değiştirilemez bir şekilde saklanmasını sağlar. Böylece, tüketiciler akıllı telefonları aracılığıyla ürünlerin QR kodunu tarayarak veya ilgili platformlara erişerek, ürünlerin kaynağını, üretim koşullarını, geçtiği yolları ve tazelik durumunu kolayca doğrulayabilirler. Bu sayede, gıda güvenliği riskleri hızlı bir şekilde tespit edilip önlenebilir ve tedarik zinciri boyunca şeffaflık sağlanır (Caro vd., 2018).

3. YÖNTEM VE BULGULAR

3.1. Araştırmanın Amacı

Bu tez çalışmasında, blokzincirin literatürdeki farklı isimleriyle başarısızlık kavramını temsil eden kelimelerin bir araya getirilerek analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu analiz sayesinde, blokzincir uygulamalarının neden beklenen başarıyı elde edemediği sorusuna yanıt aranacaktır. Scopus veri tabanında blokzincir ve başarısızlık kelimeleri kullanılarak gerçekleştirilecek literatür taramasıyla, bu alanda yapılan çalışmaların genel bir çerçevesi çizilecek ve gelecekteki uygulamalar için nelere dikkat edilmesi gerektiği ortaya konacaktır.

3.2. Araştırmanın Yöntemi

Bu çalışmada, Scopus veri tabanından elde edilen veriler, Tablo 1'de belirtilen kriterlere göre dikkatlice filtrelenerek araştırmanın amacına uygun hale getirilmiştir. Ardından, bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak veriler derinlemesine incelenmiştir. Bibliyometrik analiz, araştırma konusuna ilişkin yayınların sayısı, atıf sıklığı, yazarların ülkeleri gibi verileri ortaya koyarak kapsamlı bir istatistiksel bakış açısı sunar (Donthu vd., 2021). Bu nitel araştırma yöntemiyle yorumlanarak anlamlı sonuçlara ulaşılmasını sağlar. Elde edilen verilerin analizi ve görselleştirilmesi için R programlama dilinin bibliometrix kütüphanesinden yararlanılmıştır (Aria & Cuccurullo, 2017).

Tablo 1. Verilerin Belirlenmesine İlişkin Akış Şeması

SCOPUS Veri Arama Sorgusu	(TITLE-ABS-KEY (blockchain OR block-chain) AND TITLE-ABS-KEY (fail OR failure))
	Yukarıdaki sorgu kullanılarak bütün yapılan yayınlar aranmıştır.
	Sonuçlar: 3089 belge.
İngilizce Dil Seçimi	İngilizce harici belgeler kapsam dışı bırakılmıştır. Kapsamın dışında kalan diller: CHINESE(77), RUSSIAN(3), PORTUGUESE(2), KOREAN(2), SPANISH(1), JAPANESE(1). Toplam 86.
	Sonuçlar: 3003 belge.
2011 – 2023 Yılları Seçimi	Tüm yıllarda yapılan araştırma sonucu başlangıcın 2011 olduğu görülmüştür.
	Bulunduğumuz yıl 2024 çıkartılarak 2023 yılı ile sınırlandırılmıştır.
	Sonuçlar: 2779 belge.

Literatürde "blockchain" ve "block-chain" terimlerinin blokzincir kelimesinin İngilizce karşılığı olarak kabul edildiği belirlenmiştir. Tablo 1'de görüldüğü gibi arama sorgusuna bu iki kelime ile başlanmıştır. Hata ve başarısızlık kavramları için ise "fail" ve "failure" terimleri tercih edilmiştir. (TITLE-ABS-KEY (blockchain OR block-chain) AND TITLE-ABS-KEY (fail OR failure)). Sorgunun son hali bu şekildedir. Bu terimlerle yapılan arama sonucunda, İngilizce belgeler kapsam dışı bırakılmıştır. İlk belgenin 2011 yılına ait olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, 2024 yılı dahil edilmemiş ve 2023 yılına kadar olan yayınlar veri setine dahil edilmiştir. Bu sürecin sonucunda toplam 2779 belge elde edilmiştir.

3.3. Bibliometrik Analiz

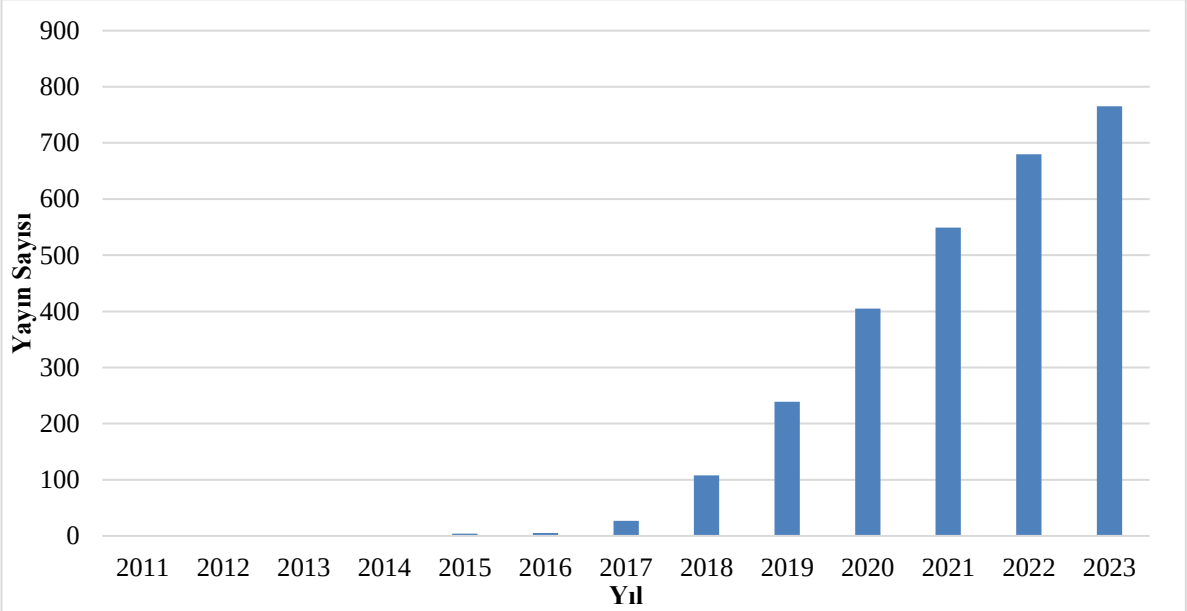
Tablo 2. Verilere Genel Bakış

Özellik	**Sonuç**
Yayınlanma Aralığı	2011:2023
Kaynaklar (Dergiler, Kitaplar vb.)	1264
Dokümanlar	2784
Yıllık Büyüme Oranı %	73.4
Ortalama Yayın Yaşı	2.7
Yayın Başına Aldığı Atıf Ortalaması	14.61
Yayın İçerikleri	
Keywords Plus (ID)	10022
Yazar anahtar kelimeleri (DE)	5142
Yazarlar	
Yazar Sayısı	6442
Tekil yazar sayısı	118
Yazar İş birlikleri	
Tek yazarlı yayınlar	123
Yayın başına ortak yazar sayısı	3.83
Uluslararası ortak yazar indeksi(%)	26.8
Doküman Tipleri	
Araştırma makalesi	1164
Kitap	9
Kitap bölümü	121

Tablo 2 Devamı	
Konferans Bildirisi	1339
Konferans İncelemesi	87
Baş Yazı	2
İnceleme	60
Kısa Anket	1

Veriler Tablo 2'de görüldüğü gibi 2011 ile 2023 yılları arasında yayımlanmış 8 farklı doküman tipinden oluşmaktadır. Bunların 1164 tanesi araştırma makalesi, 9 tanesi kitap, 121 tanesi kitap bölümü, 1339 tanesi konferans bildirisi, 87 tanesi konferans incelemesi, 2 tanesi baş yazı, 60 tanesi inceleme ve 1 tanesi kısa ankettir. Bu makaleler toplam 1264 kaynakta yayımlanmıştır. Ortalama yıllık büyüme oranı 73,4 olarak görülmektedir. Bu büyüme oranı araştırma sayısının sürekli arttığını ve ilginin büyüdüğünü gösterdiği şeklinde yorumlanabilir. Ortalama yayın yaşının 2,7 olması incelenen yayınlanın yakın gelecekte olduğu şeklinde yorumlanabilir. Ortalama her belgenin 14,61 atıf aldığı görülmektedir. Dokümanlarda 10022 anahtar kelime kullanılmıştır. Toplamda 6442 yazar görülmektedir ve yazarlardan 118'inin tek yazarlı yayın yaptığı görülmektedir. Belgelerin ise 123 tanesi tek yazarlı olduğu görülmüştür. Belge başına ortak yazar ortalaması ise 3.83'tür. Uluslararası ortak yazarlı belge sayısının ortalaması ise 26.8'dir.

Şekil 5. Yıllara Göre Yayın Sayısı



Yıllara göre yayın sayısına ait grafik Şekil 5'te verişmiştir. Buna göre ilk önemli artış 2017 yılında olmuştur. 2018 yılında 100'den fazla yayın yapılmıştır. Özellikle son 5 yılda önemli bir artış söz konusudur. Bu artış her yıl artarak devam etmektedir. 2023 yılında ise en yüksek yayın sayısına erişildiği görülmektedir. 2017'de 27 yayın sayısı ile başlayan yükseliş 2023 itibariyle 765 yıllık yayın sayısına ulaşmıştır. Genel olarak Şekil 5'te blokzincir uygulamalarının hata sayısının veya başarısızlık örneklerinin arttığını söylemek mümkündür. Bu alanda yapılan çalışmaların artması, uygulama geliştiriciler ve bu teknolojiyi kullanmak isteyen işletmeler açısından blokzincir uygulamalarının başarısız örneklerinin inceleyerek dikkat etmesi gereken yerleri gözlemlemesi açısından önemlidir.

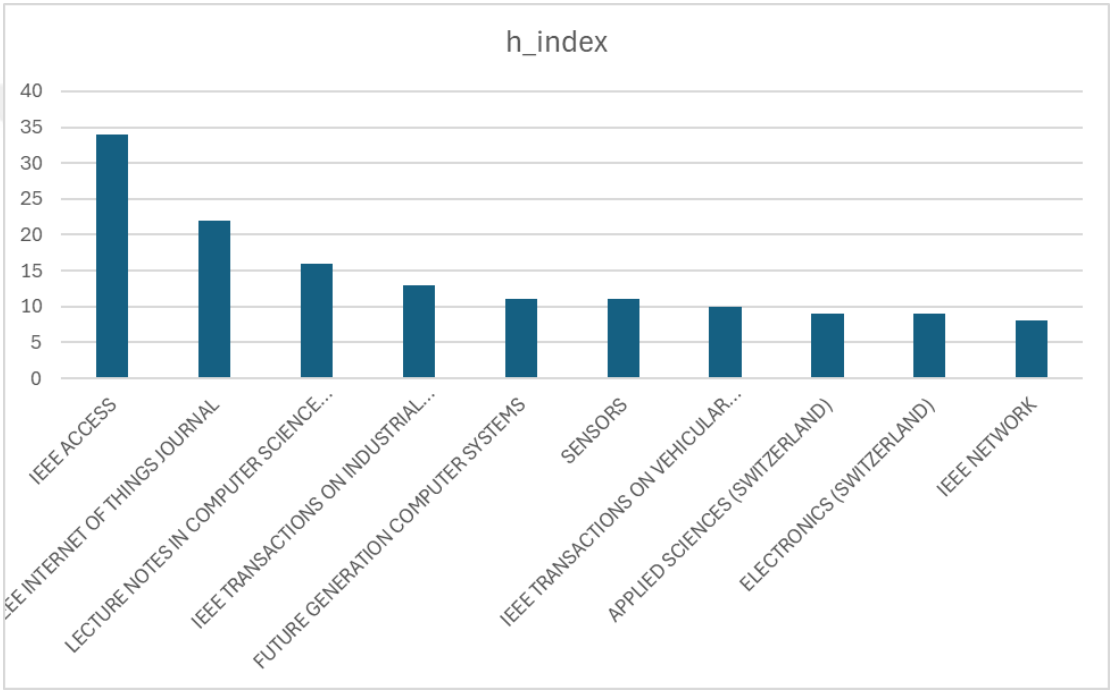
Tablo 3. En Çok Yayın Yapılan İlk 10 Kaynak

LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE (INCLUDING SUBSERIES LECTURE NOTES IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LECTURE NOTES IN BIOINFORMATICS)	127
IEEE ACCESS	108
ACM INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDING SERIES	58
COMMUNICATIONS IN COMPUTER AND INFORMATION SCIENCE	54
IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL	49
LECTURE NOTES IN NETWORKS AND SYSTEMS	44
ELECTRONICS	36
SENSORS	35
APPLIED SCIENCES	31
LECTURE NOTES IN ELECTRICAL ENGINEERING	19

Tablo 2'de kaynak sayısını 1264 olarak verilmişti. Tablo 3'te bu alanda en çok yayın yapan dergilerin yayın sayıları verilmiştir. Tablo 3'te listelenen kaynaklar, bilgisayar bilimi ve ilgili alanlardaki akademik çalışmaları kapsayan geniş bir yelpazeyi temsil eder. "Lecture Notes in Computer Science" serisi, yapay zeka ve biyoinformatik gibi alt alanlardaki ders notlarını da içererek bilgisayar biliminin temel ve uygulamalı yönlerini

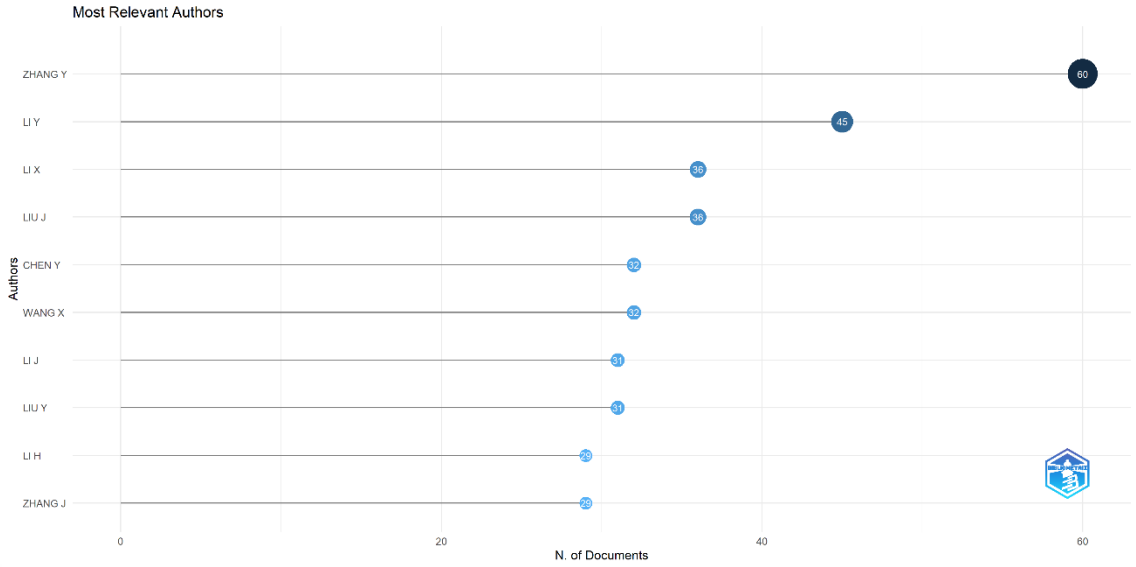
ele alır. "IEEE Access" ve "ACM International Conference Proceeding Series" gibi yayınlar, güncel araştırma bulgularını ve konferanslardaki çalışmaları sunar. "Communications in Computer and Information Science," "IEEE Internet of Things Journal" ve "Lecture Notes in Networks and Systems" ise bilgisayar ve iletişim ağları, nesnelerin interneti gibi spesifik konulara odaklanır. Ayrıca, "Electronics," "Sensors" ve "Applied Sciences" gibi dergiler, elektronik, sensör teknolojileri ve uygulamalı bilimlerdeki gelişmeleri takip etmek isteyenler için önemli kaynaklar sunar.

Şekil 6. Dergilerin h-indeksleri



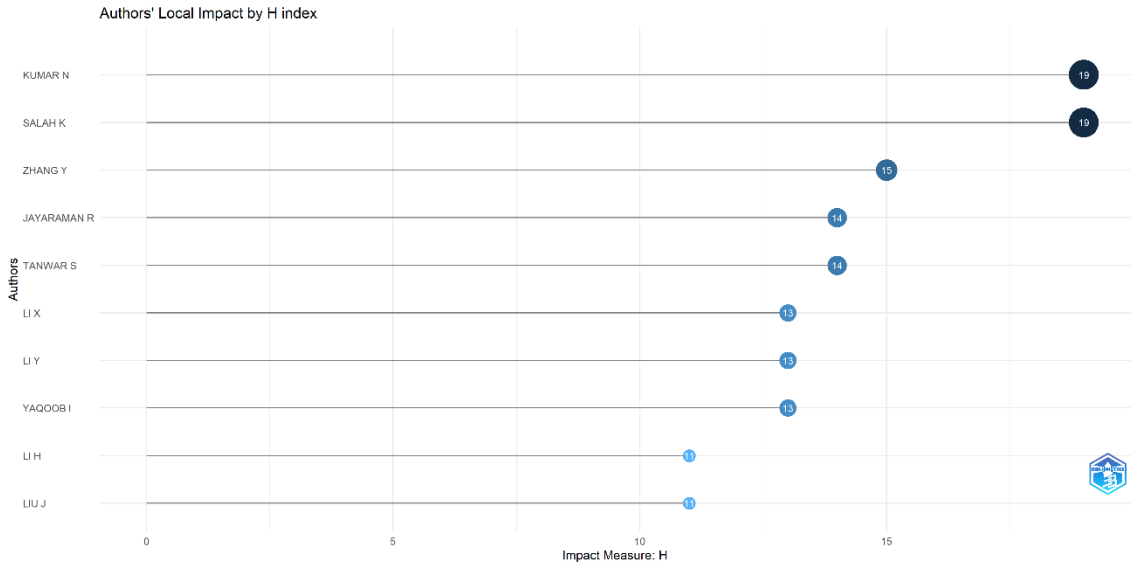
Şekil 6'da incelenen yayınların aldıkları ortalama atıf sayılarını karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Bu karşılaştırma, farklı yayınların akademik etki düzeylerini değerlendirmemize yardımcı olmaktadır. Özellikle IEEE Access dergisinin yayınlarının, diğer kaynaklara göre önemli ölçüde daha fazla atıf aldığı ve bu nedenle daha etkili olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, Lecture Notes in Computer Science gibi bazı yayınların, daha çok ders notları ve konferans bildirileri içermesi nedeniyle atıf sayılarının daha düşük olabileceği unutulmamalıdır. Bu tür yayınlar, doğrudan araştırma çıktıları olmasa da bilgi birikimini ve akademik tartışmaları desteklemede önemli bir rol oynamaktadır.

Şekil 7. En Çok Yayın Yapan Yazarlar



Şekil 7'de yer alan bilgilere göre, blokzincir ve başarısızlık konuları üzerine yapılan çalışmalarda en çok yayın yapan yazar Zhang Y'dir. Zhang Y, bu alanda 60 adet yayınla öne çıkarken, onu 45 yayınla Li Y takip etmektedir. Lı X, Liu J, Chen Y, Wang X, Lı J, Liu Y, Li H ve Zhang J ise sırasıyla 36, 36, 32, 32, 31, 31, 29 ve 299 yayınla listede yer alan diğer önemli yazarlardır. Bu veriler, belirtilen yazarların blokzincir ve başarısızlık konularına önemli katkılarda bulunduğunu göstermektedir.

Şekil 8. Alınan Atıflara Göre Alanda Etkili Olan Yazarlar

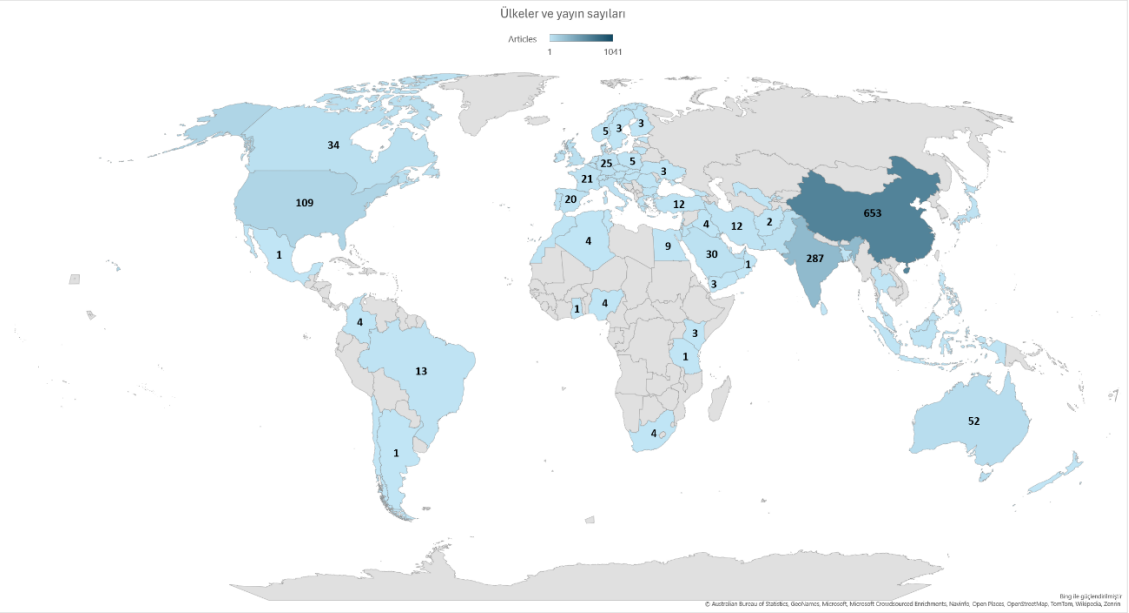


Şekil 8 incelendiğinde, blokzincir ve başarısızlık konularında en etkili yazarın 19 h-

index değeriyle Kumar ve Salah olduğu görülmektedir. Bu yazarları 15 h-index değeriyle Zhang, 14 h-index değeriyle Jayaraman ve Tanwar takip etmektedir. Diğer önemli yazarlar ise 13 h-index değeriyle Li X, Li Y ve Yaqoob I'dır. Bu veriler belirtilen yazarların çalışmalarının blokzincir ve başarısızlık konularında önemli bir etkiye sahip olduğunu ve akademik camiada tanındığını göstermektedir.

En çok yayın yapan yazarlar ile h-index değerleri yüksek olan yazarlar arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin, yayın sayısı bakımından ilk sırada yer alan Zhang, h-index değeri bakımından üçüncü sırada yer almaktadır. Bu durum Zhang Y'nin çalışmalarının daha yeni olduğunu veya daha az atıf aldığını gösterebilir. Diğer yandan yayın sayısı bakımından daha alt sıralarda yer alan Kumar ve Salah, h-index değerleri bakımından ilk sırada yer almaktadır. Bu durum, bu yazarların çalışmalarının daha fazla atıf aldığını ve akademik camiada daha fazla etki yarattığını göstermektedir.

Şekil 9. Ülkelerin Yayın Sayıları

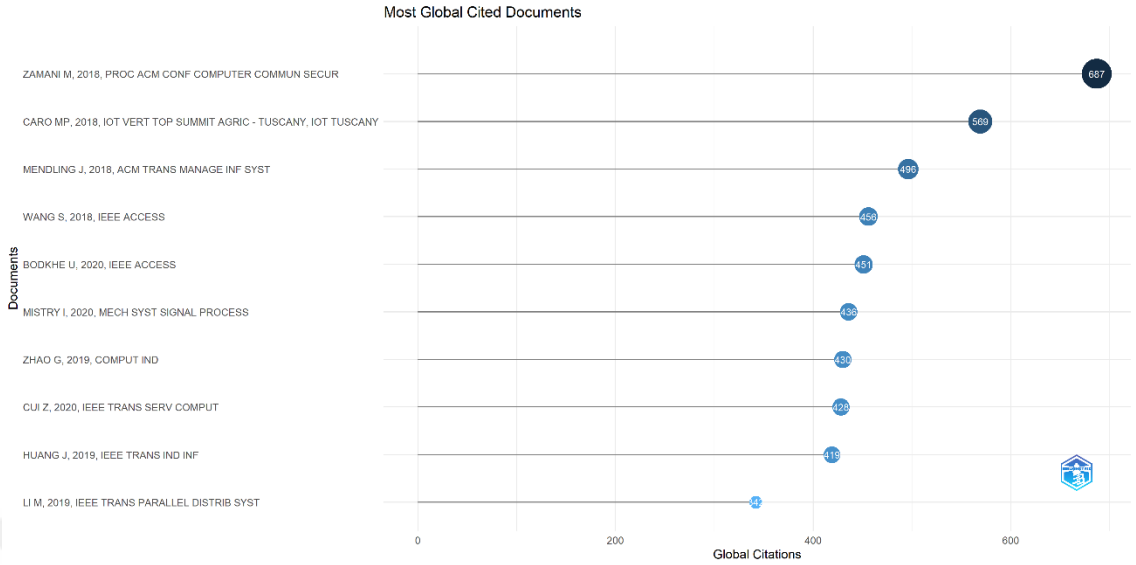


Tablo 4. İlk 10 Ülkenin Yayın Sayıları ve Tek *(SCP)*, Çift *(MCP)* Sorumlu Yazarların Ülkelere Göre Dağılımı

Ülke	Makale	SCP	MCP
CHINA	653	500	153
INDIA	287	240	47
USA	109	76	33
AUSTRALIA	52	24	28
KOREA	49	33	16
UNITED KINGDOM	42	20	22
UNITED ARAB EMIRATES	38	26	12
CANADA	34	21	13
PAKISTAN	34	9	25
TOPLAM	**1041**	**823**	**218**

Tablo 4'te ve Şekil 9'da yer alan bilgilere göre, Çin blokzincir ve başarısızlık konularında en çok yayın yapan ülke olarak öne çıkmaktadır. Çin'de yapılan 653 yayından 500'ü tek yazarlı, 153'ü ise çok yazarlıdır. Bu durum Çin'deki araştırmacıların hem bağımsız hem de işbirlikçi çalışmalar yürüttüğünü göstermektedir. Hindistan ise 287 yayınla ikinci sırada yer alırken, bu yayınların 240'ı tek yazarlı, 47'si çok yazarlıdır. Bu da Hindistan'da blokzincir ve başarısızlık araştırmalarının ağırlıklı olarak bireysel çalışmalar şeklinde yürütüldüğünü göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise toplam 109 yayının 76'sı tek yazarlı, 33'ü çok yazarlıdır. Diğer ülkelerde ise yayın sayıları daha düşük olmakla birlikte, genel olarak çok yazarlı yayınların tek yazarlı yayınlardan daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum blokzincir ve başarısızlık konularında küresel iş birliğinin yaygın olduğunu ve farklı ülkelerden araştırmacıların birlikte çalışarak bilgi ve deneyimlerini paylaştığını göstermektedir.

Şekil 10. En Çok Atıf Alan Belgeler



Tablo 5. En Çok Atıf Alan Makalelerin İncelemesi

Makale İsmi	**Yazarlar**	**Özet**
RapidChain: Scaling Blockchain via Full Sharding	Mahdi Zamani, Mahnush Movahedi, and Mariana Raykova.	Bu makale, mevcut blockchain protokollerinin performans ve ölçeklenebilirlik sınırlamalarını aşmak için tam parçalama kullanan ilk Bizans hatasına dayanıklı genel blockchain protokolü olan RapidChain'i tanıtmaktadır. RapidChain, işlem işleme iletişim, hesaplama ve depolama yükünü güvenilir bir kurulum varsaymadan tamamen parçalamaktadır (Zamani vd., 2018).
Blockchain-based Traceability in Agri-Food Supply Chain Management: A Practical Implementation	Miguel Pincheira Caro, Muhammad Salek Ali, Massimo Vecchio, and Raffaele Giaffreda.	Bu makale, AgriBlockIoT adlı, tarım ve gıda tedarik zinciri yönetimi için tamamen merkezi olmayan, blokzincir tabanlı bir izlenebilirlik çözümünü sunmaktadır. Çözüm, Ethereum ve Hyperledger Sawtooth blokzincir uygulamaları kullanılarak değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır (Caro vd., 2018).

Tablo 5 Devamı		
Blockchains for Business Process Management - Challenges and Opportunities	Jan Mendling, Ingo Weber, Wil Van Der Aalst, Jan Vom Brocke, Cristina Cabanillas, Florian Daniel, Søren Debois, Claudio Di Ciccio, Marlon Dumas, Schahram Dustdar, Avigdor Gal, Luciano García-Bañuelos, Guido Governatori, Richard Hull, Marcello La Rosa, et al.	Bu makale, blokzincir teknolojisinin iş süreci yönetimi (BPM) için zorluklarını ve fırsatlarını özetlemektedir. Geleneksel BPM yaşam döngüsü bağlamında blokzincirlerin nasıl kullanılabileceğini ve ötesinde nasıl önemli hale gelebileceklerini tartışmaktadır (Mendling vd., 2018).
A Blockchain-Based Framework for Data Sharing With Fine-Grained Access Control in Decentralized Storage Systems	Shangping Wang, Yinglong Zhang, and Yaling Zhang.	Bu makale, merkezi olmayan depolama sistemleri için veri depolama ve paylaşım şemasını inceliyor ve merkezi olmayan depolama sistemi gezegenler arası dosya sistemi, Ethereum blokzincir ve ABE teknolojisini birleştiren bir çerçeve öneriyor. Bu çerçevede, veri sahibi veri kullanıcıları için gizli anahtar dağıtma ve erişim politikasını belirterek paylaşılan verileri şifreleme yeteneğine sahiptir ve şema veriler üzerinde ince taneli erişim kontrolü sağlar (Wang vd., 2018).
Blockchain for Industry 4.0: A Comprehensive Review	Umesh Bodkhe, Sudeep Tanwar, Karan Parekh, Pimal Khanpara, Sudhansu Tyagi, Neeraj Kumar, and Mamoun Alazab.	Bu makale, çeşitli blokzincir tabanlı çözümlerin ve Endüstri 4.0 tabanlı çeşitli uygulamalardaki uygulanabilirliklerinin sistematik bir incelemesini sunmaktadır. Akıllı uygulamalar için blokzincir teknolojisindeki en son çözümleri araştırmış, Endüstri 4.0 uygulamalarında blokzincir uygulanabilirliği için kullanılan referans mimariyi göstermiş, geleneksel güvenlik çözümlerinin avantajlarını ve dezavantajlarını karşı önlemleriyle karşılaştırmalı olarak tartışmış ve mevcut blokzincir tabanlı güvenlik çözümlerini çeşitli parametreler kullanarak karşılaştırmıştır (Bodkhe vd., 2020).

Tablo 5 Devamı		
Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges	Ishan Mistry, Sudeep Tanwar, Sudhansu Tyagi, and Neeraj Kumar.	Bu makale, 5G özellikli IoT'nin blokzincir tabanlı endüstriyel otomasyona entegrasyonuna genel bir bakış sunmakta ve potansiyel endüstriyel uygulamalarını tartışmaktadır. Ayrıca blokzincir uygulamaları için 5G özellikli IoT'deki ölçeklenebilirlik, birlikte çalışabilirlik ve diğer araştırma zorlukları arasındaki boşluğu doldurmaktadır (Mistry vd., 2020).
Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges and future research directions	Guoqing Zhao, Shaofeng Liu, Carmen Lopez, Haiyan Lu, Sebastian Elgueta, Huilan Chen, and Biljana Mileva Boshkoska.	Bu çalışma, blokzincir teknolojisinin tarım-gıda değer zinciri yönetimindeki uygulamalarını, zorluklarını ve gelecekteki araştırma yönlerini kapsamlı bir şekilde inceleyerek literatüre katkıda bulunmaktadır. Bulgular, blokzincir teknolojisinin gelişmiş bilgi ve iletişim teknolojisi ve nesnelerin interneti ile birlikte tarım-gıda değer zinciri yönetiminin iyileştirilmesi için dört ana yönden (izlenebilirlik, bilgi güvenliği, üretim ve sürdürülebilir su yönetimi) benimsendiğini göstermektedir (Zhao vd., 2019).
A Hybrid BlockChain-Based Identity Authentication Scheme for Multi-WSN	Zhihua Cui, Fei Xue, Shiqiang Zhang, Xingjuan Cai, Yang Cao, Wensheng Zhang, and Jinjun Chen.	Bu makalede, IoT için çoklu WSN'ler için blokzincir tabanlı bir kimlik doğrulama şeması önerilmektedir. IoT düğümleri, yetenek farklılıklarına göre baz istasyonları, küme başlığı düğümleri ve sıradan düğümler olarak bölünerek hiyerarşik bir ağ oluşturulmuştur. Farklı tipteki düğümler arasında yerel zincir ve genel zincir dahil olmak üzere hibrit bir blokzincir modeli oluşturulmuştur. Bu hibrit modelde, çeşitli iletişim senaryolarında düğümlerin kimlik karşılıklı doğrulaması gerçekleştirilmektedir (Chu vd., 2020).

Tablo 5 Devamı		
CrowdBC: A Blockchain-Based Decentralized Framework for Crowdsourcing	Ming Li, Jian Weng, Anjia Yang, Wei Lu, Yue Zhang, Lin Hou, Jia-Nan Liu, Yang Xiang, and Robert H. Deng.	Bu makale, merkezi olmayan bir kitle kaynak kullanımı çerçevesi olan CrowdBC'yi tanıtmaktadır. CrowdBC, herhangi bir üçüncü tarafa güvenmeye gerek kalmadan bir istek sahibinin görevini bir grup çalışanın çözmesine olanak tanır, kullanıcı gizliliğini garanti eder ve yalnızca düşük işlem ücretleri gerektirir. Çerçeve, görev yayınlama, görev alma, ödül atama vb. gibi kitle kaynak kullanımı sürecinin tamamını gerçekleştirmek için akıllı sözleşmelerin kullanıldığı somut bir şema sunar. Ethereum test ağı üzerinde bir prototip uygulanmasıyla CrowdBC'nin kullanılabilirliği ve ölçeklenebilirliği gösterilmiştir (Li vd., 2019).
Towards Secure Industrial IoT: Blockchain System With Credit-Based Consensus Mechanism	Junqin Huang, Linghe Kong, Guihai Chen, Min-You Wu, Xue Liu, and Peng Zeng.	Bu makale, Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) için kredi tabanlı bir konsensüs mekanizmasına sahip bir blokzincir sistemi sunmaktadır. Güç kısıtlamalı IoT cihazları için güvenlik ve işlem verimliliğini aynı anda garanti edebilen kredi tabanlı bir iş ispatı (PoW) mekanizması önerilmektedir (Huang vd., 2019).

Şekil 11. Indeks Anahtar Kelime *(Keywords Plus)* Bulutu

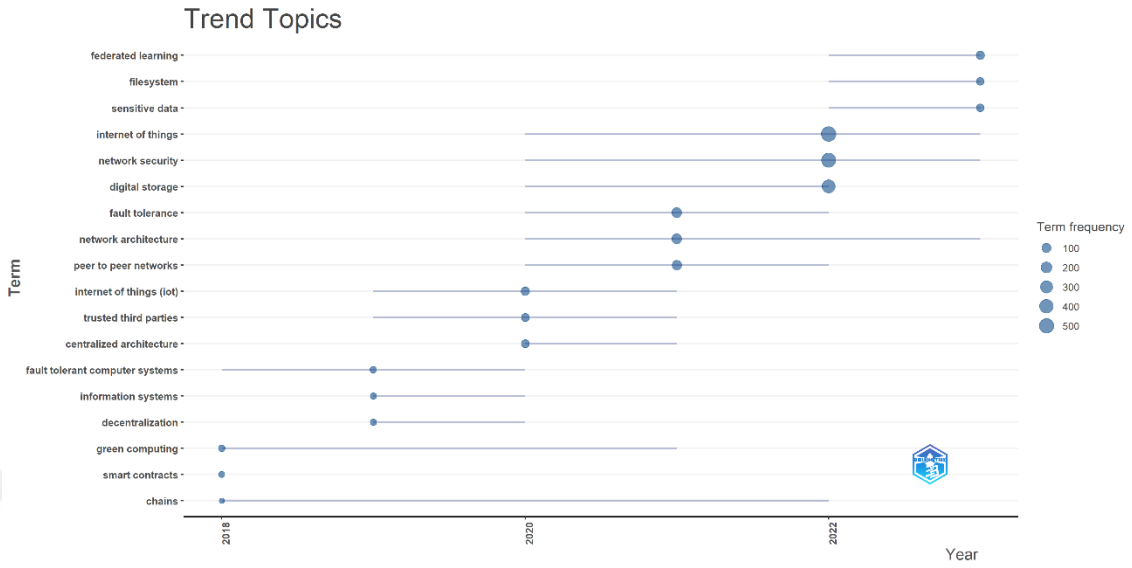
Tablo 6. Indeks Anahtar Kelime Bulutundaki İlk 10 Kelime

Kelimeler	**f**
Nesnelerin interneti	524
Ağ güvenliği	461
Dijital depolama	350
Akıllı sözleşme	292
Kimlik doğrulama	276
Merkezi olmayan	272
Kriptografi	245
Tek nokta	231
Güvenlik	201
Bilgi Yönetimi	196

Şekil 11 ve Tablo 6'da dergilerin yayınlar için belirlediği anahtar kelimeler yer almaktadır. Makalelerden içerik analizi yapılarak elde edilen bu anahtar kelimeler, yazarın belirlediklerinden bağımsızdır ve bu "keywords plus" olarak tanımlanmaktadır. Bu anahtar kelimeler içerisinden "blockchain" ve "block-chain" kelimeleri çıkartılmıştır. Bu kelimelerin çıkarılma nedeni blokzincir kelimesinin literatürdeki diğer

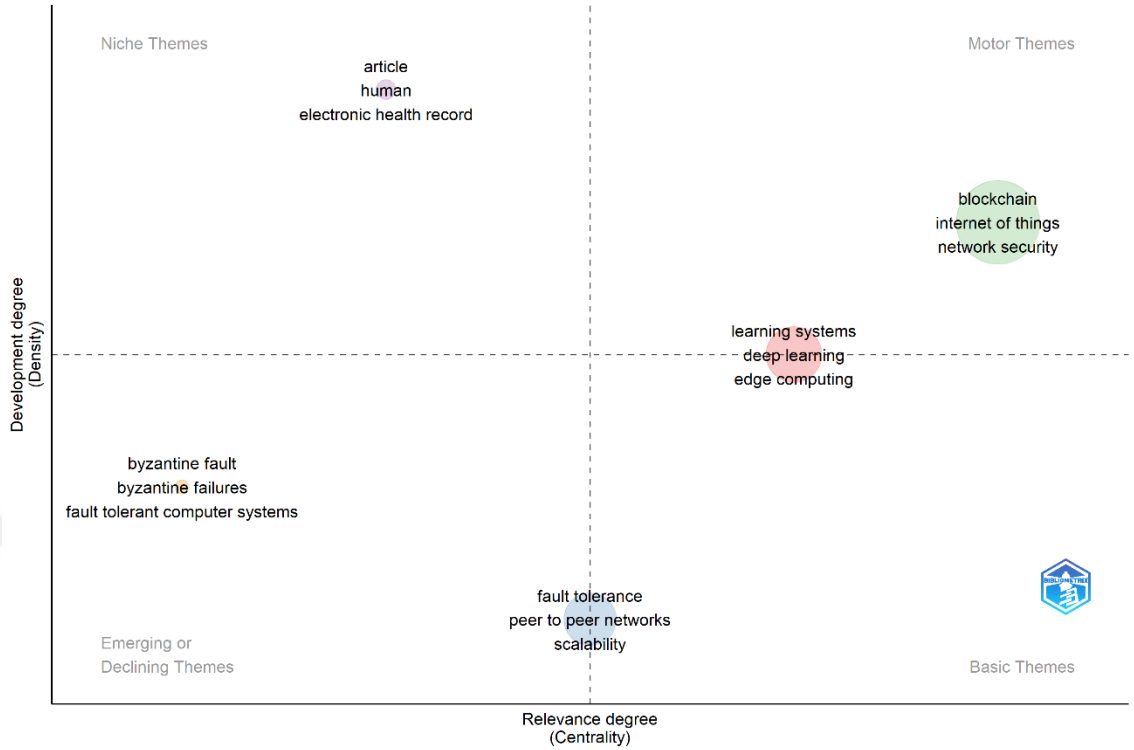
karşılıkları olduğu için bir anlam ifade etmemesinden kaynaklanmaktadır. Tablo 6'da bahsedilen ise frekansı en yüksek ilk 10 terim bulunmaktadır. "İnternet of things" kısaltma adıyla IoT, Türkçe karşılığı ise nesnelerin interneti 524 kez geçmektedir. Blokzincir konusuyla nesnelerin interneti kavramı birlikte büyük bir ilginin olduğu göstermektedir. Aramamızın içerisinde başarısızlık ve hata kavramları da bulunduğu için bu bağlamda en çok bu alanda yapılan uygulamaların hatalı olabileceği ve başarısız uygulama örneklerinin bulunabileceği varsayımı yapılabilmektedir. İkinci kelime ise "network security" Türkçe karşılığı ise ağ güvenliğidir. Bu kelime 461 kez kullanılmıştır. Blokzincir teknolojisinin en önemli özelliklerinden biri olan güvenlik kısmıyla ilgilidir. Blokzincir teknolojisi güvenliği arttırmak için kullanılmaktadır. Burada çokça tercih edildiğini görmekteyiz. Ayrıca başarısızlık ve hata kavramlarıyla birlikte de arama yapıldığı için buradaki uygulamaların bir kısmının başarısız olduğunu varsayabiliriz. Üçüncü sıradaki kelime "digital store" dijital depolamadır. Bu kelime 350 kez kullanılmıştır. Blokzincir teknolojisinin güvenli olması sebebiyle bu teknolojiyle dijital verilen depolanması tercih edilmektedir. Önemli verilerin bu şekilde saklanmasının iyi hesaplanmazsa mali açıdan yük oluşturabilmektedir. Dördüncü terim akıllı sözleşmeler blokzincirin en önemli temel taşlarından biridir ve 292 kez kullanılmıştır. Akıllı sözleşmeler kişilerin ve işletmelerin birlikte çalışması gereken bir alandır. Blokzincir teknolojisinin geri döndürülemez bir kayıt sisteminin olması işletmelerin veya kişilerin bu sözleşmeleri hazırlarken dikkat etmesi gerektiğini göstermektedir. Burada olan hatalar veya başarısızlık durumları bu bağlamda ortaya çıkmıştır. Diğer altı kelimeye bakacak olursak ilk kelime "authentication" Türkçe karşılığı kimlik doğrulamadır ve 276 kez geçmektedir. Yedinci kelime "decentralised" yani merkezi olmayan demektir. Bu kelime 272 kez geçmektedir. Kriptografi kelimesi 245 kez, tek nokta 231 kez, güvenlik 201 kez geçmektedir. Bu kelimelerin ortak noktası verilerin güvenliğiyle alakalı olmasıdır. Verilerin kriptolu şekilde kaydedilmesi ve tek noktada kaydedilmemesinin önemi vurgulanmıştır. Blokzincir oluştururken bu kısımlara dikkat edilmemesi durumunda verinin güvenliği riske edilebilir ve bu bağlamda hatayla karşılaşılabilir. Son kelime bilgi yönetimi 196 kez geçmektedir. Blokzincir teknolojisinin merkeziyetsiz yapısı ve güvenli bloklardan oluşması bilgi yönetimi için önemlidir. Bu bağlamda burada oluşabilecek bir hata veya başarısız geliştirilen bir uygulama bilginin yönetimini zorlaştırabilir.

Şekil 12. En çok kullanılan kavramların dönemsel dağılımları *(trend topics)*



Şekil 12'de blokzincir ile hata ve başarısızlık terimlerinin olduğu yayınlardaki kavramların yıllara göre değişken frekanslarını göstermektedir. Burada bazı kavramların zaman içerisinde azaldığını bazı yeni kavramlarım ise daha çok kullanılmaya başlandığı görülmektedir. "Güvenlik" ve "merkeziyetsizlik" gibi bazı kavramların sıklığı 2018'de yüksekken, 2022'ye doğru azalmıştır. Bu durum, blokzincir teknolojisinin zaman içinde olgunlaşması ve araştırmacıların odağının güvenlik ve merkeziyetsizlik gibi temel kavramlardan daha spesifik ve uygulama odaklı konulara kaydığını göstermektedir. Son yıllarda ortaya çıkan "hassas veri", "birleşik öğrenme" ve "dosya sistemi" gibi kavramlar ise blokzincir teknolojisinin yeni kullanım alanlarına ve potansiyel sorunlara işaret etmektedir. Özellikle hassas verilerin blokzincir teknolojisinde saklanması ve işlenmesi, gizlilik ve güvenlik açısından yeni zorluklar doğurmaktadır. Birleşik öğrenme ve dosya sistemi gibi kavramlar ise blokzincir teknolojisinin farklı alanlarda kullanım potansiyelini ve beraberinde getirebileceği başarısızlık senaryolarını göstermektedir. Bu değişimler, blokzincir teknolojisinin sürekli geliştiğini ve farklı sektörlere entegrasyonunun devam ettiğini göstermektedir.

Şekil 13. Indeks Anahtar Kelime Tematik Haritası



Şekil 13'te blokzincirle birlikte hata ve başarısızlık terimlerinin birlikte aratılarak orta çıkan veri setindeki yayınların KeyWord Plus indekslerinden küme oluşturan tematik harita yer almaktadır. Burada tekrar "Blochchain" ve Block-chain" kelimeleri birleştirilmiştir. Tematik harita analizi birbirine yardımcı kelimelerin analizi olarak bilinir. Bir araştırma alanının tematik gösterimi için kullanılır (Waltman & Van Eck, 2013). Şekil 13'te görüldüğü gibi bu araştırma kelimeler 5 grupta toplanmıştır. Kelime grupları niş, motor, temel ve yükselen veya düşen temalarda görülmektedir.

Sol üstte bulunan niş temalar kategorisinde yer alan makale, insan ve elektronik sağlık kaydı terimleri, yüksek gelişim derecesine sahip ancak alaka dereceleri düşük olan konulardır. Makale ve insan temaları, genel olarak çok geniş ve soyut konular olduğu için spesifik araştırma alanlarında yoğunlaşmayabilmektedir. Elektronik sağlık kaydı ise, sağlık sektöründe önemli bir konu olmasına rağmen, diğer teknolojik yeniliklerle kıyaslandığında daha az merkezi bir tema olarak kalabilir. Bu konular, belirli uzmanlık alanlarına hitap eder ve geniş çapta ilgi görmezler, bu nedenle Niş Temalar kategorisinde yer almaktadırlar.

Sağ yukarı köşe motor temalar kategorisinde yer alan blokzincir, nesnelerin interneti ve ağ güvenliği terimleri hem yüksek gelişim derecesine hem de yüksek alaka derecesine sahiptir. Bu temalar, teknoloji ve dijital güvenlik alanlarında öncü rol oynar ve diğer konuları etkileyen ana temalardır. Blokzincir, finans ve veri güvenliği gibi birçok alanda devrim yaratmaktadır. Nesnelerin interneti (IoT), cihazların birbirine bağlanmasıyla geniş bir uygulama yelpazesi sunar ve ağ güvenliği, bu bağlantıların güvenliğini sağlamak için kritik öneme sahiptir. Bu konular, teknoloji dünyasında merkezi bir rol oynar ve inovasyonun öncüsü olarak kabul edilmektedir.

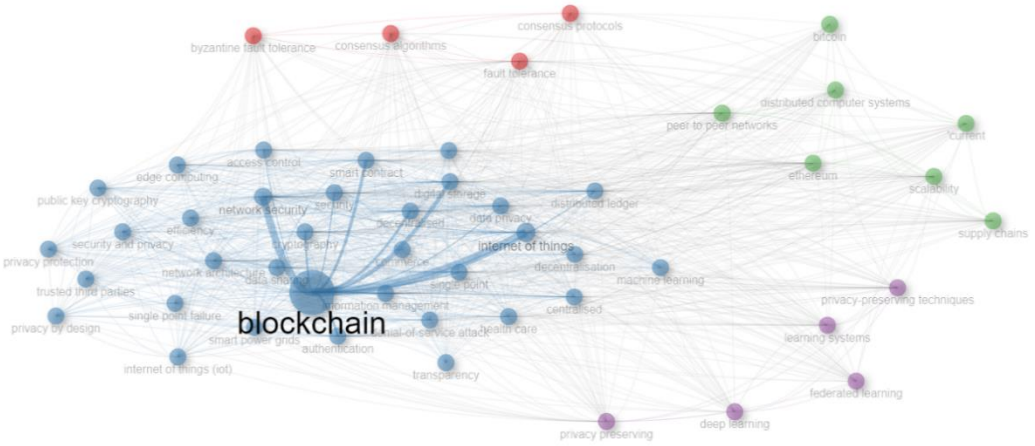
Sol alt köşede gelişmekte olan veya gözden düşen temalar kategorisinde yer alan Bizans hatası, Bizans arızaları ve hata toleranslı bilgisayar sistemleri terimleri, dağıtık sistemler ve blokzincir teknolojisi gibi alanlarda karşılaşılan önemli zorlukları ifade etmektedir. Bizans hatası ve Bizans arızaları, sistem bileşenlerinin arızalı veya kötü niyetli olmasından kaynaklanan ve sistemin geri kalanına yanlış bilgi vermesine neden olan hataları kapsamaktadır. Bu tür hataların ele alınması karmaşıktır ve mevcut çözümler sınırlıdır. Hata toleranslı bilgisayar sistemleri ise bazı bileşenler arızalansa bile düzgün çalışmaya devam edebilen sistemlerdir. Ancak, bu sistemlerin karmaşıklığı ve maliyetleri, geniş çapta benimsenmesini zorlaştırmaktadır. Bu konular, karşılaşılan teknik zorluklar ve araştırma gereksinimleri nedeniyle henüz tam olarak olgunlaşmamış veya geniş kabul görmemiş sorunları ifade ettiğinden gelişmekte olan veya gözden düşen temalar kategorisinde yer almaktadır.

Sağ alt köşede temel temalar kategorisinde yer alan hata toleransı, eşler arası ağlar ve ölçeklenebilirlik terimleri, düşük gelişim derecesine sahip olmalarına rağmen, yüksek alaka derecesine sahip temel konulardır. Hata toleransı, sistemlerin arızalara karşı dayanıklılığını ifade eder ve güvenilir sistemler için hayati önem taşımaktadır. Eşler arası ağlar (peer-to-peer), dağıtık ağ yapılarını temsil eder ve veri paylaşımı ile iletişimde önemli bir rol oynamaktadır. Ölçeklenebilirlik ise, sistemlerin artan yükler

karşısında performansını sürdürebilme kapasitesini ifade etmektedir. Bu konular, teknoloji ve bilgi işlem altyapısının temel unsurlarıdır ve geniş uygulama alanlarına sahiptirler, bu nedenle temel temalar kategorisinde yer alırlar.

Tabloda merkezi bir yerde konumlandırılmış öğrenme sistemleri, derin öğrenme ve uç bilişim terimleri, alaka dereceleri yüksek fakat gelişim dereceleri nispeten orta seviyede olan konulardır. Öğrenme sistemleri ve derin öğrenme, yapay zeka ve makine öğrenimi alanında büyük önem taşır. Uç bilişim ise, verilerin merkezden bağımsız olarak yerel cihazlarda işlenmesini sağlar, bu da özellikle IoT ve zaman kritik uygulamalar için önemlidir. Bu konular, teknoloji dünyasında önemli bir yer tutmakta ancak henüz tam anlamıyla olgunlaşmamış durumda oldukları için merkezi bir konumda yer almaktadır.

Şekil 14. Birliktelik Ağı *(co-occurence network)*



Şekil 14'te, blokzincir ve hata veya başarısızlık temalarını içeren yayınlarda, yazarların çalıştığı alanların bir araya gelerek oluşturduğu ağ kümesi gösterilmektedir. Aynı anlama gelen "blockchain" ve "block-chain" terimleri birleştirilmiştir. Bu ağda dört farklı küme, farklı renklerle temsil edilmektedir. Blokzincir, nesnelerin interneti, ağ güvenliği ve akıllı sözleşmeler, daha yoğun ve bağlantılı bir yapının içinde yer almakta olup, bu alanların diğerlerinden daha fazla kullanıldığını göstermektedir. Bu alanların, hata ve başarısızlık literatüründen elde edilen bir veri seti temelinde değerlendirilmesi, en çok dikkat edilmesi gereken alanlar olduklarını işaret etmektedir. Mavi renkli

birliktelik ağı, bu terimlerin sıkı bir ilişkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

Yeşil renkli temada, eşler arası ağ sisteminin dağıtık defter teknolojisi ile kullanılması, işletmeler ve kişiler arasındaki yapının karmaşık olabileceğine işaret etmektedir. Bu ilişki genellikle akıllı kontratlar aracılığıyla yürütülmek istenir ve bilinen en yaygın akıllı kontrat sağlayıcısı Ethereum'dur. Yeşil alanda ayrıca tedarik zinciri teması, bu teknolojinin en yaygın kullanıldığı sektör olduğunu göstermektedir.

Kırmızı alanda ise, hata ve başarısızlık bağlamında daha teknik hataların önlenmesine yönelik çalışmalar bir araya gelmiştir. Blokzincir teknolojisi, dağıtık yapısı sayesinde hata toleransı yüksek bir sistemdir ve ağdaki bazı düğümlerin arızalanması durumunda bile çalışmaya devam edebilir. Blokzincir, konsensüs protokolleri ve algoritmaları kullanarak hata toleransını sağlar. Bu protokoller ve algoritmalar, ağdaki tüm düğümlerin aynı bilgiye sahip olmasını ve işlemlerin doğrulanmasını güvence altına alır. Özellikle Bizans Hata Toleransı, blokzincirin kötü niyetli veya hatalı düğümlere rağmen doğru çalışmasını garanti eder.

Mor alan, blokzincir uygulamalarında gizlilik ve güvenlik konularına odaklanan çalışmaları içermektedir. Özellikle hassas verilerin korunması ve güvenliği, blokzincirin benimsenmesi ve yaygınlaşması için kritik öneme sahiptir. Bu alandaki çalışmalar, blokzincir teknolojisinin güvenilirliğini artırmak ve potansiyel riskleri en aza indirmek için gizlilik koruyucu tekniklerin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Derin öğrenme ve birleşik öğrenme gibi makine öğrenimi yöntemleri, blokzincir üzerindeki verileri analiz ederek anormallikleri tespit etmek ve güvenlik açıklarını belirlemek için kullanılabilir. Bu sayede, blokzincir sistemleri daha güvenli hale getirilebilir ve kullanıcıların gizliliği daha etkin bir şekilde korunabilmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Blokzincir teknolojisinin özellikle 2017 yılından itibaren büyük bir ivme kazanarak birçok sektörde uygulama potansiyeli gösterdiği görülmektedir. Ancak, bu hızlı büyüme ve yaygınlaşma sürecinde bazı blokzincir uygulamalarının beklenen başarıyı elde edemediği ve çeşitli başarısızlıklarla karşılaştığı da bir gerçektir. Blokzincir teknolojisi birçok farklı sektörde uygulama alanı bulsa da teknolojik olgunluk aşamalarını henüz tamamlamamıştır (Erol vd. 2019). Blokzincir uygulamalarının fizibilitesi sistematik olarak değerlendirilmediği sürece yatırımların geri dönüşü olmayacaktır. Blokzincir teknolojisi çok hızlı gelişiyor ve uygulama alanları artıyor olsa da teknolojiden doğru yararlanmak için gelişimi dikkatli takip edilmesi gerekmektedir (Carson vd., 2018). Bu bağlamda blokzincir teknolojisinin olgunlaşmamış olmasının, bazı sektörlerde benimsenmesinin ve uygulanmasının zorlaşabileceği ortaya çıkmaktadır.

Blokzincir ağları, özellikle işlem kapasitesi ve hız konusunda önemli sınırlamalarla karşı karşıyadır. Bu sınırlamalar ağın saniyede işleyebileceği işlem sayısını kısıtlayarak, özellikle yüksek talep dönemlerinde ağ tıkanıklığına ve gecikmelere neden olur. Mevcut blokzincir uygulamaları, özellikle işlem kapasitesi ve işlem hızı gibi konularda önemli zorluklarla karşı karşıyadır. Bu sorunlar, blokzincir ağında artan düğüm ve işlem sayısıyla ortaya çıkmakta ve her düğümün her işlemi doğrulamak ve saklamak zorunda olmasıyla daha da belirgin hale gelmektedir. Örneğin, Bitcoin'in işlem hacmi saniyede sadece 7 işlem (TPS) ile sınırlıyken, bu oran Visa gibi geleneksel ödeme sistemlerinde 400 TPS'ye kadar çıkmaktadır. Ayrıca, blok doğrulama süresi Bitcoin'de 10 dakikaya kadar çıkabilmekte, bu da işlem gecikmelerine yol açmaktadır (Khan vd., 2021). Bu sınırlamalar, yüksek talep dönemlerinde ağ tıkanıklığına ve gecikmelere neden olabilmektedir. Özellikle Bitcoin gibi (PoW) tabanlı blokzincirler, sınırlı işlem kapasiteleri nedeniyle eleştirilmektedir. Bu durum hem kullanıcı deneyimini olumsuz etkilemekte hem de blokzincir tabanlı uygulamaların yaygınlaşmasını engellemektedir (Wang vd., 2022).

Bulgularda karşımıza çıkan ölçeklenebilirlik ve ağ güvenliği gibi kavramların blokzincir ve başarısızlık konularıyla ilgili yayınlarda sıkça geçtiğini göstermektedir. Bu durum ölçeklenebilirlik sorunlarının blokzincir uygulamalarının başarısızlığında önemli bir rol oynadığına işaret etmektedir. Özellikle dönemsel dağılım grafiği incelendiğinde, "ölçeklenebilirlik" kavramının 2021 yılından itibaren daha sık kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Bu durum, blokzincir teknolojisinin kullanımının artmasıyla birlikte ölçeklenebilirlik sorunlarının daha fazla dikkat çekmeye başladığını göstermektedir.

Blokzincir teknolojisinin giderek daha fazla benimsenmesiyle birlikte, kullanıcı sayısı istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Bununla birlikte, birçok kez meydana gelen ve insanları blokzincirin ölçeklenebilirlik sorununu nasıl çözeceklerini dikkatlice düşünmeye zorlayan ağ tıkanıklığı sorunu oluşmaktadır (Zhou vd., 2020). Bu sorunların birleşimi, blokzincir teknolojisinin büyük ölçekli uygulamalarda performansını olumsuz etkilemekte ve ölçeklenebilirlik sorunlarını çözmek için daha etkili çözümler bulunmasını gerektirmektedir (Khan vd., 2021).

Farklı blokzincir platformlarının birbirleriyle uyumlu olmaması, yani birlikte çalışabilirlik eksikliği, blokzincir teknolojisinin benimsenmesi ve uygulama geliştirilmesinin önünde büyük bir engel oluşturmaktadır. Bulgularda bahsedilen "Blockchains for Business Process Management - Challenges and Opportunities" başlıklı makalede blokzincir teknolojisinin farklı sektörlerde kullanım potansiyelini vurgularken, aynı zamanda bu teknolojinin henüz tam olarak olgunlaşmadığını ve çeşitli zorluklarla karşı karşıya olduğunu belirtmektedirler. Özellikle, farklı blokzincir platformlarının birlikte çalışabilirlik sorunları, bu teknolojinin benimsenmesi ve yaygınlaşması önünde bir engel olarak görüldüğünü söylemektedir (Wang vd., 2018). Her blokzincir platformu genellikle kendi protokolü, veri formatı ve akıllı sözleşme dili ile çalışır. Bu durum, farklı platformlar arasında veri ve varlık transferini zorlaştırmakta ve blokzincir ekosisteminin bütünleşik bir şekilde gelişmesini engellemektedir. Blokzincir teknolojisinin çeşitli uygulama alanları nedeniyle, farklı organizasyonlar ihtiyaçlarına göre kendi blokzincir sistemlerini geliştirmiştir. Bu durum, farklı

protokoller ve mimariler kullanılarak geliştirilen blokzincir projelerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Farklı teknolojiler ve konsensüs protokolleri kullanan bu projeler, belirli kullanım durumlarına veya uygulamalara hizmet etmektedir. Ancak, bu kadar çok sayıda projenin varlığı, blokzincir geliştirmelerinin oldukça parçalanmış olmasına ve farklı blokzincir projeleri arasında çok az veya hiç birlikte çalışabilirlik olmamasına yol açmıştır (Mohanty vd, 2022).

Tematik haritada, merkezi olmayan kavramının öne çıktığını göstermektedir. Blokzincir teknolojisinin doğası gereği merkezi olmayan yapısı, farklı platformlar arasında birlikte çalışabilirliği sağlamayı zorlaştırabilir. Ayrıca birliktelik ağı incelendiğinde, eşler arası ve dağıtık defter teknolojisi kavramlarının birlikte kullanımı, farklı blokzincir ağları arasında iletişim ve etkileşim kurmanın zorluğuna işaret etmektedir.

Blokzincir teknolojisinin farklı alanlarda büyük bir potansiyeli bulunmasına rağmen, mevcut çözümler birlikte çalışabilirlik konusunda eksiklikler göstermektedir. Bu durum farklı blokzincirler ve mevcut teknolojilerin birleşik bir çerçevede iyi bir şekilde entegre olamamasına yol açmaktadır. Oysaki bu entegrasyon, blokzincir teknolojisinin ölçeklenebilirlik ve ergonomi gibi bazı kısıtlamalarının üstesinden gelmek için gereklidir (Besançon vd., 2019).

Bulgularda sıkça kullanılan akıllı sözleşme kavramı, akıllı sözleşmelerin geliştirilmesinde ve uygulanmasında standart eksikliğinin ve her akıllı sözleşme kendi blokzincir platformunda çalıştığı için platformlar arası uyumsuzluk blokzincir uygulamalarının başarısızlığına katkıda bulunabileceğine işaret etmektedir. Bu bulgular farklı blokzincir platformlarının birlikte uyumlu olmamasının, blokzincir uygulamalarının başarısızlığına neden olabilecek önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Bu sorunun çözümü için, farklı blokzincir platformları arasında standartların oluşturulması ve birlikte çalışabilirliği sağlayacak protokollerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Blokzincir ağları, merkezi olmayan yapıları nedeniyle güvenli olarak kabul edilse de ağ katmanında çeşitli güvenlik açıklarına sahiptir. Özellikle eşler arası (P2P) ağlar üzerinden gerçekleşen iletişim, kötü niyetli saldırılara karşı savunmasızdır. Bu saldırılar, hizmet reddi (DoS) saldırıları, spam saldırıları, toz saldırıları, zamanlama saldırıları, Sybil saldırıları ve Bakiye saldırılarını içerir. Bu saldırılar, ağın kararlılığını, güvenilirliğini ve gizliliğini tehdit ederek, blokzincirin temel işlevlerini aksatabilir. Bu nedenle, blokzincir teknolojisinin yaygın olarak benimsenmesi için bu güvenlik açıklarının ele alınması ve etkili çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir (Dwivedi vd., 2024).

Bulgularda gösterilen anahtar kelime analizi sonuçları, ağ güvenliği kavramının blokzincir ve başarısızlık konularıyla ilgili yayınlarda sıkça geçtiğini göstermektedir. Bu durum, güvenlik açıklarının blokzincir uygulamalarının başarısızlığında önemli bir rol oynadığına işaret etmektedir. Blokzincir teknolojisi, yüksek güvenlik sağlama potansiyeline sahip olmasına rağmen, çeşitli ağ güvenliği sorunları ile karşı karşıyadır. Blokzincir ağları merkeziyetsiz, şeffaf ve değiştirilemez yapısıyla kötü niyetli aktörler için cazip bir hedef haline gelmektedir. Örneğin, %51 saldırıları, akıllı sözleşme açıkları, konsensüs algoritması zayıflıkları ve gizlilik endişeleri gibi güvenlik tehditleri yaygındır. Bu tür güvenlik sorunları, veri ihlalleri, mali kayıplar ve itibara zarar verme riski taşımaktadır. Bu nedenle, blokzincir sistemlerinin güvenliğini artırmak için bu zorlukların araştırma ve yenilik yoluyla çözülmesi gerekmektedir (Taherdoost, 2023).

Blokzincir teknolojisinin bu sorunu toplum hayatını etkileyen konularda göz ardı edilememesinden ötürü kritik öneme sahiptir. Kamusal hizmetler, dijital kimlikler ve akıllı şehirler gibi uygulamalarda hem bilginin hızı akışı hem de güvenliğinin ön planda olması gerekmektedir. Blokzincir teknolojisi, IoT tabanlı akıllı şehirlerde güvenlik sorunlarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Blokzincir sistemleri, merkezi olmayan yapılarına rağmen çeşitli güvenlik açıklarına sahiptir. Örneğin, dağıtılmış hizmet reddi nedeniyle konsensüs gecikmeleri, blok yutma, anonimlik kaybı, blok zinciri çatallanmaları ve bencil madencilik gibi saldırılar yaygındır. Bu tür güvenlik sorunları,

IoT cihazlarının düşük bellek ve enerji kapasiteleriyle birleştiğinde, blokzincir teknolojisinin ağ güvenliğini zayıflatmaktadır. Ayrıca fazla veri transferi ve yüksek enerji tüketimi gibi sorunlar, IoT tabanlı akıllı şehirlerde blokzincir uygulamalarının performansını olumsuz etkilemektedir (Yu vd, 2022). Bu bağlamda bulgularda bahsedilen hassas veri, ağ güvenliği ve nesnelerin interneti kavramının sıklığı bu sorunun önemini göstermektedir.

Blokzincir teknolojisinin benimsenmesi, kullanıcı dostu arayüz eksikliği ve kullanım zorlukları nedeniyle sınırlanmaktadır. Birçok kullanıcı, blokzincir uygulamalarını karmaşık ve zorlayıcı bulmakta, bu da teknolojinin çeşitli endüstrilerde kabul edilmesini engellemektedir. Kullanıcıların blokzincir teknolojisini anlamakta ve kullanmakta zorlanmaları, sezgisel tasarım ve kullanıcı rehberliğinin eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Yu vd., 2022). Bulgularda görüldüğü gibi yıllar geçtikçe literatüre yeni kavramların girmesi farklı alanlarda kullanıldığını ve farklı uygulamalar geliştirildiğini göstermektedir. Bu durum blokzincir teknolojisinin yeni kullanım alanlarının ortaya çıkmasıyla birlikte kullanıcı deneyimi konusundaki zorlukların aşılmasının öneminin arttığı görülmektedir.

Blokzincir teknolojisiyle ilgili temel kavramların (cüzdanlar, anahtarlar, gas ücretleri vb.) anlaşılması da zorlayıcı olabilir. Özellikle, teknik bilgiye sahip olmayan kullanıcılar için bu kavramların öğrenilmesi ve kullanılması, blokzincir uygulamalarının benimsenmesini engelleyen bir diğer faktördür. Bu nedenle kullanıcı deneyimini iyileştirmek için blokzincir uygulamalarının daha kullanıcı dostu arayüzlere sahip olması, temel kavramların daha anlaşılır bir şekilde açıklanması ve kullanıcıların blokzincir teknolojisi hakkında eğitilmesi gerekmektedir (Li vd., 2019).

Blokzincir uygulamalarının başarısızlığında yetersiz test ve uygulama süreçlerinin önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Blokzincirle ilgili mevcut deneyim eksikliği ve teknolojinin henüz olgunlaşmamış olması nedeniyle başarısız uygulamalar hala devam

etmektedir. Bu nedenle bu teknoloji daha gelişme aşamasında olduğu söylenebilmektedir (Sillaber vd., 2018). Özellikle bu teknolojinin karmaşık yapısı ve farklı sektörlere entegrasyonunun getirdiği zorluklar, test ve uygulama süreçlerinin titizlikle yürütülmesini gerektirmektedir. Çalışmada incelenen makalelerde bazı blokzincir projelerinin aceleye getirilmiş ve yeterince test edilmemiş uygulamalar nedeniyle başarısızlığa uğradığı söylenmektedir (Bodkhe vd., 2020). Bu durum özellikle büyük ölçekli ve karmaşık projelerde daha belirgin hale gelmektedir. Blokzincir uygulamalarının farklı platformlarda ve farklı koşullar altında test edilmesi, potansiyel sorunların erken tespit edilmesi ve çözülmesi açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca blokzincir uygulamalarının gerçek dünya koşullarında yeterince test edilmesi gerekmektedir. Yetersiz test, beklenmedik sorunlara ve hatta sistem çökmelerine yol açabilir. Bu durum blokzincir teknolojisinin benimsenmesini yavaşlatabilir ve hatta kullanıcı güvenini zedeleyebilir (Yli-Huumo vd., 2016). Örnek olarak literatürde geliştirilen birçok e-oylama uygulaması bulunmaktadır. Teorik olarak geliştirilmiş olsa da geniş çaplı bir seçimde test edilememiştir. Bu durum Hajian ve arkadaşlarının makalesinde şöyle belirtilmiştir. Blokzincir tabanlı e-oylama sistemlerinin yeterince test edilmemiş olması ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Blokzincir teknolojisinin olgunlaşmamış olması, bu sistemlerin gerçek dünya senaryolarında yeterince test edilmemesi, kapsamlı uygulamaların ve paydaş katılımının eksikliği nedeniyle, performans ve güvenilirlik konularında endişeler doğurmaktadır. Bu eksiklikler, blokzincir tabanlı e-oylama sistemlerinin büyük ölçekli seçimlerde etkin bir şekilde kullanılabilirliğini sınırlamakta ve teknolojinin benimsenmesini zorlaştırmaktadır (Hajian vd., 2023). Bu bağlamda uygulamaların gerçek dünya senaryolarını simüle eden test ortamlarında denenmesi ve kullanıcı geri bildirimlerinin dikkate alınması gerekmektedir.

Blokzincir teknolojisi, merkeziyetsiz ve şeffaf yapısıyla iş süreçlerinde devrim yaratma potansiyeli sunsa da yönetimsel ve yasal belirsizlikler bu teknolojinin gelişmesini engelleyebilir ve hatta projelerin başarısızlıkla sonuçlanmasına yol açabilir.

Blokzincir merkezi olmayan yapısı ve güvenlik vaatleriyle büyük umutlar vaat etse de özellikle hukuki bağlamda beklentileri karşılayamaması nedeniyle bir hayal kırıklığı olarak görülmektedir. Blokzincir teknolojisi, hukuki alanda çeşitli zorluklar ve belirsizliklerle karşı karşıyadır. Merkezi olmayan yapısı ve kullanıcılarının anonimliği nedeniyle, blokzincir tabanlı organizasyonlar ve finansal varlıkların hukuki statüsü, ulusal güvenlik düzenlemeleri ve hissedarların sınırlı sorumluluğu gibi konularda belirsizlikler bulunmaktadır (Quintais vd., 2019). Hukuki işlemlerin geçerliliği ve uygulanabilirliğini etkileyebilecek dolandırıcılık, baskı, hırsızlık gibi zincir dışı olaylara karşı blokzincirinin duyarsızlığı, hukuk ve blokzincir arasında bir uyumsuzluğa yol açmaktadır. Bu uyumsuzluğu gidermek için yasal çerçevenin kapsamlı bir şekilde yeniden düzenlenmesi gerekirken, bu durum blokzincirin temel özelliklerini tehlikeye atabilir ve benimsenmesini engelleyebilir (Schilling, 2021). Bu durum blokzincir uygulamalarının geliştirilmesi ve benimsenmesi sürecinde belirsizliklere ve risklere yol açmaktadır. Özellikle farklı ülkelerdeki düzenleyici yaklaşımlar arasındaki farklılıklar, uluslararası düzeyde faaliyet gösteren blokzincir projeleri için önemli zorluklar yaratabilir. Örnek olarak bulgularda sıkça yayın yapan Çin, Hindistan ve USA gibi ülkeler, blokzincir teknolojisini benimsemeye ve düzenlemeye istekli olduğu söylenebilir. ABD'de, Federal Rezerv ve diğer düzenleyici kurumlar, blokzincir teknolojisinin ölçekli kullanımında ortaya çıkabilecek operasyonel zayıflıkları ve potansiyel riskleri izlemektedir. (Yeoh, 2017). Ayrıca diğer ülkeler bazı çekincelerden ötürü daha temkinli bir yaklaşım sergileyebilir veya bu teknolojiyi tamamen yasaklayabilir. Bu belirsizlik, yatırımcıları ve geliştiricileri tedirgin etmektedir. Bu bağlamda geliştirilen projelerin finansmanını veya ilerlemesini engelleyebilmektedir.

AB ve ABD gibi bölgelerde, blokzincir teknolojisinin düzenlenmesinde ihtiyatlı bir yaklaşım benimsenmiş, böylece yenilikçi potansiyelin engellenmeden ilerlemesi sağlanmıştır. Ancak, blokzincirin merkezi olmayan yapısı ve izinsiz işleyişi, geleneksel düzenleyici mekanizmaların uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Bu sebeple, blokzincir teknolojisinin düzenlenmesinde küresel iş birliği ve yenilikçi yaklaşımlar büyük önem taşımaktadır (Yeoh, 2017). Bu bağlamda bulgularda karşımıza çıkan verilerin güvenliği ve düzenleyici uyumluluk gibi konularındaki belirsizlikler, düzenleyici otoritelerin

müdahale ihtiyacını doğurmaktadır.

Blokzincir tabanlı akıllı sözleşmelerin hukuki geçerliliği ve uygulanabilirliği, özellikle mevcut yasal çerçevenin belirsizliği ve yetersizliği nedeniyle akademik ve hukuki tartışmaların odağında yer almaktadır. European Law Institute (ELI) tarafından yayınlanan "Blokzincir Teknolojisi, Akıllı Sözleşmeler ve Tüketicinin Korunması Hakkında ELI İlkeleri" raporu, bu belirsizliğin taraflar açısından hukuki riskler doğurduğunu ve geleneksel hukuk doktrininin akıllı sözleşmelere ilişkin henüz yeterince gelişmediğini vurgulayarak, bu yenilikçi teknolojinin hukuki altyapısının oluşturulmasının ve mevcut mevzuatın güncellenmesinin önemine dikkat çekmektedir (European Law Institute, 2020).

Bulgularda merkezi olmayan kavramının öne çıkması blokzincir teknolojisinin doğası gereği merkezi olmayan yapısının yönetişim ve düzenlemeler konusunda zorluklara yol açabileceğini göstermektedir. Blokzincir teknolojisinin değişmezlik ve veri saklama özellikleri, veri gizliliği ve güvenliği açısından önemli riskler taşımaktadır. Düzenlemelerin inovasyonu engelleyebileceği endişesi, teknolojinin küresel ölçekte benimsenmesi önünde bir diğer engel olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak, düzenleyici çerçevelerin sağladığı hukuki kesinlik, güçlü mülkiyet hakları ve sözleşme uygulamaları, inovasyonu teşvik edebilir. Dolayısıyla, blokzincir teknolojisinin hukuki sorunları hem düzenleyici hem de teknolojik açılardan kapsamlı bir şekilde ele alınmalıdır (Quintais vd., 2019).

Blokzincir teknolojisi sadece bir teknoloji değil aynı zamanda ekonomik, sosyal ve kültürel değişimlere yol açabilecek bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle blokzincir uygulamalarının başarısızlığını sadece teknik sorunlara bağlamak yerine bu teknolojinin bireyler ve toplum üzerindeki geniş kapsamlı etkilerini de göz önünde bulundurmak gereklidir. Örneğin blokzincir tabanlı uygulamaların toplumsal kabulü, yasal düzenlemeler ve etik sorunlar gibi faktörler de projelerin başarısını etkileyebilir.

Blokzincir teknolojisinin potansiyelini tam olarak gerçekleştirebilmesi için bu sorunların ele alınması gerekmektedir. Gelecekteki araştırmalar ölçeklenebilirlik, birlikte çalışabilirlik, güvenlik, enerji verimliliği, kullanıcı deneyimi, standartlar, test ve doğrulama, düzenlemeler, hukuki belirsizlikler, yönetişim gibi konulara odaklanarak blokzincir uygulamalarının başarısını artırmaya yönelik çözümler geliştirebilir. Ayrıca, blokzincir teknolojisinin farklı sektörlerdeki (finans, sağlık, tedarik zinciri, enerji vb.) uygulamalarının karşılaştığı zorluklar ve başarısızlık nedenleri üzerine daha fazla vaka çalışması yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Al Omar, A. (B), Rahman, M. S. (B), Basu, A., & Kiyomoto, S. (2017). MediBchain: A blockchain based privacy preserving platform for healthcare data. In Proceedings of the 10th International Conference on Security, Privacy and Anonymity in Computation, Communication and Storage (pp. 489-496). Guangzhou, China. [DOI: 10.1007/978-3-319-72395-2_49]

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive bibliometric analysis of scientific literature. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959-975.

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. Computer Networks, 54(15), 2787-2805.

Atzori, M. (2018). Blockchain technology and its potential applications in the real estate industry. *Journal of Corporate Real Estate*, *20*(4), 232-245.

Aydar, M. & Çetin, S. C. (2020). Blokzincir Teknolojisinin Sağlık Bilgi Sistemlerinde Kullanımı. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (19), 533-538.

Bahga, A. and Ma disetti, V.K. (2016) Blockchain Platform for Industrial Internet of Things. Journal of Soft- ware Engineering and Applications, 9, 533- 546. http://dx.doi.org/10.4236/jsea.2016.910036

Bastian, C. J., & Lenox, R. (2021, Ağustos 21). Types of Blockchain: Public, Private, or Something in Between. Foley & Lardner LLP. https://www.foley.com/en/insights/publications/2021/08/types-of-blockchain-public private-between

Beck, R. (2018). Beyond bitcoin: The rise of blockchain world. Computer, 51(2), 54-58. Besançon, L., Ferreira Da Silva, C., & Ghodous, P. (2019). Towards Blockchain Interoperability: Improving Video Games Data Exchange. *2019 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain)*, 81-85.

Betti, Q., Khoury, R., Halle, S., & Montreuil, B. (2019). Improving hyperconnected logistics with blockchains and smart contracts. *IT Professional*, *21*(4), 25-32.

Blochchain Türkiye. (2023). E-devlet blokzincir teknolojisi entegrasyonu başlıyor. https://bctr.org/e-devlet-blockchain-teknolojisi-entegrasyonu-basliyor-28248/

Bodkhe, U., Tanwar, S., Parekh, K., Khanpara, P., Tyagi, S., Kumar, N., & Alazab, M. (2020). Blockchain for industry 4.0: A comprehensive review. *IEEE Access*, *8*, 79764-79800.

Bondarchuk, Y. (2024, Mayıs). 170+ Blockchain İstatistiği: Pazar Büyüklüğü, Demografik, Trendler, Faydalar Ve Daha Fazlası. https://marketsplash.com/blockchain-istatistikleri/#link6.

Buterin, Vitalik. 2014. A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform. White Paper. c. 3. s. 37: 2-1.

Caro, M. P., Ali, M. S., Vecchio, M., & Giaffreda, R. (2018). Blockchain-based traceability in Agri-Food supply chain management: A practical implementation. In *2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture-Tuscany (IOT Tuscany)* (pp. 1-4). IEEE. https://doi.org/10.1109/IOT-TUSCANY.2018.8373021

Carson, B., Romanelli, B., Walsh, P. and Zhumaev, A. (2018), "Blockchain beyond the hype: what is the strategic business value?", available at: https://www.mckinsey.com/business-functions/digital mckinsey/our-insights/blockchain-beyond-the-hype-what-is-the-strategic-business-value (accessed 7 January 2019).

Ceylan, O., & Işık, A. H. (2023). Blokzinçir teknolojisi ve uygulama alanları. *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi*, 6(1), 129-154.

Çokyaşar, M. (2022, Haziran 22). Dünyanın örnek alacağı blockchain tabanlı oy verme sistemi Ankara'da geliştirildi. *Haber7.com*. https://www.haber7.com/teknoloji/haber/3234989-dunyanin-ornek-alacagi-blockchain-tabanli-oy-verme-sistemi-ankarada-gelistirildi?ysclid=lwf5j13kjl417719960

Coppi, G., & Fast, L. (2019). Blockchain and distributed ledger technologies in the humanitarian sector.

Cui, Z., Xue, F., Zhang, S., Cai, X., Cao, Y., Zhang, W., & Chen, J. (2020). A hybrid blockchain-based identity authentication scheme for multi-WSN. *IEEE Transactions on Services Computing*, *13*(2), 241-251.

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, *133*, 285-296.

Dwivedi, K., Agrawal, A., Bhatia, A., & Tiwari, K. (2024). A Novel Classification of Attacks on Blockchain Layers: Vulnerabilities, Attacks, Mitigations, and Research Directions. arXiv preprint arXiv:2404.18090.

Eroğlu, M. (2022). *Tedarik zincirinde blok zinciri ve yeni teknoloji uygulamaları* [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü].

Erol, İ., Ar, İ.M. ve Özdemir, A.İ. (2019), " Feasibility Assessment Framework for (Working Paper). Blockchain: An Investigation on Turkish Industries", Yayımlanmamış ön makale (working Paper).

Eşler Arası Ağlar. (2019). Binance Academy. Retrieved from https://academy.binance.com/tr/articles/peer-to-peer-networks-explained

European Law Institute. (2020). *Blokzinciri Teknolojisi, Akıllı Sözleşmeler ve Tüketicinin Korunması Hakkında ELI İlkeleri*. https://www.europeanlawinstitute.eu/fileadmin/user_upload/p_eli/Publications/Blokzinciri_Teknolojisi__Akilli_So__zles__meler_ve_Tu__keticinin_Korunmasi_Hakkinda_ELI_I__lkeleri_-*Avrupa_Hukuk_Enstitu__su___Raporu-*_Nesli_S__en_O__zc__elik_O__zer.pdf

Ezgin Bahar. (2021). Blockchain Teknolojisinin Bankacılık ve Finans Sektöründeki Kullanım Alanları.

Geroni, D. (2021, January 28). Hybrid blockchain: The best of both worlds. 101 Blockchains.

Gül, Ç. (2022). SPN Yapısındaki Simetrik Şifreleme Algoritmalarının Tasarımı, Güvenlik ve Performans Analizleri, Marmara Üniversitesi.

Gültekin, Y., & Bulut, Y. (2016). Bitcoin ekonomisi: Bitcoin eko-sisteminden doğan yeni sektörler ve analizi. Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3(3), 82-92.

Güven, C. (2023, 6 Temmuz). *Blockchain nedir? Üretimi nasıl etkiliyor?* [Blog yazısı]. ERP.tc. https://www.erp.tc/post/blockchain-nedir-uretimi-nasil-etkiliyor

Hajian Berenjestanaki, M., Barzegar, H.R., El Ioini, N., & Pahl, C. (2023). Blockchain-Based E-Voting Systems: A Technology Review. Electronics, 13(17), 1-38. https://doi.org/10.3390/electronics13010017

Huang, J., Kong, L., Chen, G., Wu, M. Y., Liu, X., & Zeng, P. (2019). Towards secure industrial IoT: Blockchain system with credit-based consensus mechanism. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, *15*(6), 3680-3689.

I. C. Lin, T. C. Liao, "A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges", IJ Network Security, 19(5), 653-659, 2017.

Jirgensons, M., & Kapenieks, J. (2018). Blockchain and the future of digital learning credential assessment and management. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, *20*(1), 145–156. https://doi.org/10.2478/jtes-2018-0009

K. Zile, R. Strazdiņa, "Blockchain Use Cases and Their Feasibility", Applied Computer System, 23(1), 12–20, 2018.

Kuvshinov, K., Nikiforov, I., Mostovoy, J., Mukhutdinov, D., Andreev, K., & Podtelkin, V. (2018, 18 Temmuz). *Blockchain for Education* (Sürüm 0.7.1). Teach Me Please; Serokell.

Le, Tuan-Vinh, Chien-Lung Hsu, Wei-Xin Chen. 2021. A Hybrid Blockchain-Based Log Management Scheme with Non-Repudiation for Smart Grids. IEEE Transactions on Industrial Informatics. c. 18. s. 9: 5771-5782.

Li, M., Weng, J., Yang, A., Lu, W., Zhang, Y., Hou, L., ... & Deng, R. H. (2019). CrowdBC: A blockchain-based decentralized framework for crowdsourcing. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, *30*(6), 1251-1266.

Mendling, J., Weber, I., van der Aalst, W., vom Brocke, J., Cabanillas, C., Daniel, F., ... & Zhu, L. (2018). Blockchains for business process management-challenges and opportunities. *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)*, *9*(1), Article 4.

Mistry, I., Tanwar, S., Tyagi, S., & Kumar, N. (2020). Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges. *Mechanical Systems and Signal Processing*, *135*, 106382.

Mohanty, D., Anand, D., Aljahdali, H.M., & Villar, S.G. (2022). Blockchain Interoperability: Towards a Sustainable Payment System. Sustainability, 14(913), 2-20. https://doi.org/10.3390/su14020913

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

Parlar, T. (2022). Blokzincir Teknolojisi ve Merkeziyetsiz Finans Uygulamaları [Blockchain Technology and Decentralized Finance Applications]. Journal of Politics, Economy and Management, 5(2), 165-174

Propy. (2019, Eylül 5). What is Propy? *Propy*. https://propy.com/browse/what-is-propy-why-is-propy-better-than-its-competitors/

Puthal, D., Malik, N., Mohanty, S. P., Kougianos, E., & Das, G. (2018). Everything You Wanted to Know About the Blockchain: Its Promise, Components, Processes, and Problems. IEEE Consumer Electronics Magazine, 7(4), 6-14. https://doi.org/10.1109/MCE.2018.2816299

Sak, A. (2024). İşletmelerde blokzinçir teknolojisi uygulamaları (Unpublished master's thesis), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İşletme Bilim Dalı, Eskişehir.

Schillig, M. (2021). 'Lex Cryptographia', 'Cloud Crypto Land' or What? - Blockchain Technology on the Legal Hype Cycle. King's College London Law School Research Paper. https://doi.org/10.2139/ssrn.3804197

Şengün, G. (2017, 30 Ekim). Kriptografik Hash fonksiyonu nedir ve hangi amaçlarla kullanılır? Kriptografik Hash fonksiyonu nedir ve hangi amaçlarla kullanılır? | by Gökhan Şengün | Medium.

Sert, S. A. (2023). Sınır güvenliği için etkin ve güvenli bir çözüm – Blokzincir tabanlı nesnelerin interneti. *Savunma Bilimleri Dergisi*, *43*(1), 493-517. https://dergipark.org.tr/tr/pub/khosbd

Shen, B., Guo, J., & Yang, Y. (2019). MedChain: Efficient Healthcare Data Sharing via Blockchain. *Applied Sciences*, 9(6), 1207. https://doi.org/10.3390/app9061207.

Sillaber, C., et al. "Toward More Rigorous Blockchain Research: Recommendations for Writing Blockchain Case Studies," Frontiers in Blockchain, 2018.

Swan, M. (2015). Blockchain: Blueprint for a New Economy. O'Reilly Media, Inc.

Taherdoost, H. (2023). Blockchain and Machine Learning: A Critical Review on Security. Information, 14(295). https://doi.org/10.3390/info14050295

Takas İstanbul & FintechHub. (2019). Biga Projesi. biga_whitepaper.pdf (takasbank.com.tr)

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

Treiblmaier, H. (2018). Blockchain for supply chain management: Opportunities, challenges and research agenda. *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences*.

Tüfekçi, A. ve Karahan, Ç., (2019), Blokzincir Teknolojisi ve Kamu Kurumlarınca Verilen Hizmetlerde Blokzincirin Kullanım Durumu, Verimlilik Dergisi, Yıl: 2019, Sayı: 4, T. C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayını, s. 157-193.

Ünal, G., & Uluyol, Ç. (2020). Blok zinciri teknolojisi. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 13(2), 167-175. DOI: 10.17671/gazibtd.516990

Usta, A., & Doğantekin, S. (2017). Blockchain 101. MediaCat Kitapları, İstanbul.

Waltman, L., & van Eck, N. J. (2013). A Smart Local Moving Algorithm for Large-Scale Modularity-Based Community Detection. European Physical Journal B, 86.

Wang, S., Zhang, Y., & Zhang, Y. (2018). A blockchain-based framework for data sharing with fine-grained access control in decentralized storage systems. *IEEE Access, 6*, 38437-38450.

Wang, Y., Su, Z., Ni, J., Zhang, N., & Shen, X. (2022). Blockchain-Empowered Space-Air-Ground Integrated Networks: Opportunities, Challenges, and Solutions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials, 24*(1), 160-211.

Wikipedia katılımcıları (2023). Akıllı sözleşme. Vikipedi, Özgür Ansiklopedi. Erişim tarihi 11.43, Mayıs 14, 2024 url:https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Ak%C4%B1ll%C4%B1_s%C3%B6zle%C5%9Fme HYPERLINK "https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Ak%C4%B1ll%C4%B1_s%C3%B6zle%C5%9Fme&oldid=30733827"& HYPERLINK "https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Ak%C4%B1ll%C4%B1_s%C3%B6zle%C5%9Fme&oldid=30733827"oldid=30733827.

Wikipedia katılımcıları (2024). Dağıtılmış defter teknolojisi. Vikipedi, Özgür Ansiklopedi. Erişim tarihi 21.23, Mayıs 13, 2024 url:https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Da%C4%9F%C4%B1t%C4%B1lm%C4%B1%C5%9F_defter_teknolojisi HYPERLINK "https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Da%C4%9F%C4%B1t%C4%B1lm%C4%B1%C5%9F_defter_teknolojisi&oldid=32755612"& HYPERLINK

"https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Da%C4%9F%C4%B1t%C4%B1lm%C4%B1%C5%9F_defter_teknolojisi&oldid=32755612"oldid=32755612.

Yeoh, P. (2017). Regulatory issues in blockchain technology. Journal of Financial Regulation and Compliance, 25(2), 196-208. http://dx.doi.org/10.1108/JFRC-08-2016-0068

Yıldırım, H. (2018). Açık ve uzaktan öğrenmede blokzincir teknolojisinin kullanımı. AUAd, 4(3), 142-153.

Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where Is Current Research on Blockchain Technology? - A Systematic Review. *PLoS ONE*, *11*(10), Article e0163477. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163477

Yu, Z., Song, L., Jiang, L. ve Sharafi, O.K. (2022). Systematic literature review on the security challenges of blockchain in IoT-based smart cities. Kybernetes, 51(1), 323-347. https://doi.org/10.1108/K-07-2020-0449

Zamani, M., Movahedi, M., & Raykova, M. (2018). RapidChain: Scaling Blockchain via Full Sharding. In *ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS '18)*, October 15–19, 2018, Toronto, ON, Canada. ACM, New York, NY, USA, 18 pages. https://doi.org/10.1145/3243734.3243853

Zambrano, R. (2017). Unpacking the disruptive potential of blockchain technology for human development Blockchain.

Zhao, G., Liu, S., Lopez, C., Lu, H., Elgueta, S., Chen, H., & Boshkoska, B. M. (2019). Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges and future research directions. *Computers in Industry*, *109*, 83-99.

Zhou, Q., et al. "Solutions to Scalability of Blockchain: A Survey," IEEE Access, 8, 16440-16455, 2020.